

Герой Социалистического Труда Глеб Лозино-Лозинский

## КОСМОС – НАШЕ БУДУЩЕЕ

Эту статью накануне нынешнего тысячелетия написал для «Инженерной газеты» создатель легендарного «Бурана», вице-президент Российской инженерной академии, профессор Г.Е. Лозино-Лозинский. По нашему мнению поднятые в ней вопросы сохраняют актуальность и в наши дни. Поэтому мы вновь предлагаем ее вниманию читателей.

«Человечество никогда не останется на Земле...» Даже для людей моего поколения, вдохновленного этими словами К.Э. Циолковского, они еще не стали по-настоящему пророческими. Нам, захваченным водоворотом текущих проблем, все еще кажется, что вопрос о космической экспансии человечества — дело отдаленного будущего. На самом же деле мы уже сегодня должны готовить подступы к этой грандиозной задаче, от успешного решения которой зависит судьба нашей цивилизации.

Уже при сегодняшних темпах роста населения на планете все острее становится дефицит, образно говоря, в «ресурсах жизни». В первую очередь — в продуктах питания, в энергии, в питьевой воде. Все понимают, что запасы многих полезных ископаемых близки к исчерпанию. И не так уж далек тот день, когда человечество столкнется с дефицитом «жизненного пространства».

К счастью, мир уже понял, что войны и вооруженные конфликты сегодня не решают проблему дефицита «ресурсов жизни», а лишь усугубляют ее. Но, сделав ставку на высокие темпы технологического развития, человечество по сути оказалось втянутым в не менее жесткое противостояние, в котором оно несет потери в виде резкого ухудшения климата и экологической обстановки на планете. Конечно, человечество не будет покорено под горами производимых им мусора и отходов, хотя изобретение от них может стать одной из главных статей его затрат. Пока еще не стали реальной угрозой и такие прогнозируемые последствия глобального потепления, как пробуждение сохранившихся в толще льдов древних бактерий, способных вызвать вспышки неизвестных заболеваний. Но мы уже не можем игнорировать все учащающиеся случаи стихийных бедствий и природных катастроф, уносящих тысячи жизней и подрывающих экономику пострадавших стран.

Космос открывает перед человечеством почти безграничные возможности в плане решения многих проблем. Вынесенные на орбиту солнечные электростанции с последующей передачей энергии на Землю с помощью СВЧ-лучей позволяют резко сократить потребление дефицитных энергоносителей. Дальний космос может быть использован для захоронения особо опасных отходов — для этого достаточно вывести контейнеры с ними на сверхвысотные орбиты. С помощью установленных на спутниках легких парусообразных зеркал можно отражать солнечные лучи на затененные участки земной поверхности, образно говоря, превращая ночь в день. При этом появляется возможность не только снизить затраты на освещение, но и создать более комфортные условия как для жизни людей, так и для роста растений.

Ближний космос, несомненно, станет плацдармом для создания уникальных производств, использующих, в частности, недоступные в земных условиях технологии, базирующиеся на преимуществах микрогравитации. В космосе предельно доступно и такое средство воздействия на технологические процессы, как сверхнизкие температуры, достигающие в нем минус 170 градусов. Совершенно ясно, что истощение запасов полезных ископаемых заставит человечество искать источники сырья за пределами Земли.

В конечном счете все это приведет к тому, что на орбитах появится своего рода поселение для проживания персонала космических предприятий. А в дальнейшем — и целые мини-города.

Это — отнюдь не беспочвенные фантазии. Рост населения на планете неизбежно приведет к дефициту жизненного пространства. Человечество наверняка будет пытаться решить эту проблему за счет повышения этажности наземных сооружений, освоения подземных горизонтов, просторов и глубин Мирового океана. Но при этом оно наверняка скоро поймет, что и суша, и атмосфера, и океан — это те же невозобновляемые природные ресурсы, которые следует беречь и экономить. И тогда главным плацдармом его экспансии станет космос.

Одно из главных ограничений на этом пути — эффективность транспортных средств. В свое время, заменив весла парусом, а потом — и паровой машиной, человек сумел открыть и обойти все континенты нашей планеты. Мы пока выходим в космическое пространство, образно говоря, на веслах. Но должны научиться строить космические «парусники» и «аэроходы». Иными словами, такие транспортные системы, благодаря которым стоимость выведения на орбиту 1 кг полезного груза уже в ближайшее время может быть уменьшена не менее, чем в 5 раз.

Совершенно ясно, что одно из решений этой задачи состоит в использовании принципа многоразовости — когда несколько или все элементы космического аппарата после очередного запуска на орбиту остаются пригодными для повторной эксплуатации. И тем самым исключают сегодняшние потери, связанные со сбрасыванием и утилизацией отработанных ступеней ракет-носителей.

В плане минимизации энергетических затрат и выбора времени для запуска, наиболее перспективной является идея подвижного космодрома. Именно ее преимуществами предопределили повышенный интерес к международному проекту «Морской старт». В рамках его создан по сути «плавающий космодром», который можно отбуксировать не просто в вышгородку по энергетике экваториальную зону, а именно в ту точку, которая обеспечивает наиболее экономичный запуск.

Еще более широкие возможности в этом плане открывает идея, образно говоря, «летающих космодромов». Примером попытки ее воплощения может служить разработанный в НПО «Молния» проект многоразовой авиационно-космической системы (МАКС), предусматривающий запуск многоразового орбитального корабля, подобного «Бурану», с фюзеляжа сверхтяжелого транспортного самолета Ан-225 «Мрия».

Проведенные расчеты показывают, что МАКС способен обеспечить резкое снижение затрат на выведение на орбиту 1 кг полезного груза: по сравнению с чисто ракетным стартом они уменьшаются на порядок.

Сегодня все упирается в деньги. И тем не менее, если мы хотим восстановить лидирующие позиции в космонавтике, а не быть квартирантами на Международной космической станции, то должны пойти хотя бы на такие затраты, которые позволят довести проект МАКС до того уровня, когда участие в нем можно будет предложить мировому сообществу.

Впрочем, все эти доводы отступают перед главным вопросом: какой мы хотим видеть нашу страну в XXI веке? Богатой, могучей, процветающей? Увы, этого мало. Нашему народу, а особенно — молодежи нужны идеи, зовущие вперед. С моей точки зрения идея освоения космоса относится к числу именно тех, что способны увлечь за собой.



## IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС IAC 2018

при участии

- Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы,
- МГУ им. М.В. Ломоносова,
- Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет),
- Международного Фонда попечителей МГАТУ им. К.Э. Циолковского



## Подготовка космонавтов к посадке по-самолетному

Начальник ФГБУ «НИИ Цент подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина», Герой России Павел Власов

Тридцать лет назад орбитальный корабль (ОК) «Буран», совершив почти два витка вокруг Земли, впервые в мировой практике произвел полностью автоматическую посадку по-самолетному. Причем при неблагоприятных условиях, когда порывы ветра у земли достигали 17 м/с.

Беспилотный вариант полета был принят исходя из соображений безопасности. Но в реальности «Буран» создавался в расчете на управление пилотами при проведении в космосе многоплановых операций, в том числе - и военных.

(Окончание на 2-й стр.)



## У истоков «Энергии»

На третьем этаже нового учебного здания Казанского национального исследовательского технического университета имени А. Н. Туполева, известного многим по своему прежнему названию «КАИ», в ходе одного из новых лекционных залов висит табличка с надписью «Зал «Губанов». Каждый студент, входя в эту аудиторию, в очередной раз видит перед собой фамилию выдающегося ученого — выпускника Казанского авиационного института 1953 года — невольно представляя себе фигуру выдающегося человека.

(Окончание на 3-й стр.)

## Сопровождение на основе опережения

В январе 1977 г. при ЦНИИ машиностроения была образована Межведомственная экспертная комиссия (МЭК) по созданию и испытаниям многоразовой транспортной космической системы (МТКС). Председателем комиссии был назначен директор ЦНИИМаша Ю.А. Мозгорин, заместителями председателя стали начальник ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского П.П. Свищев и заместитель начальника Главного управления космических средств Минобороны СССР Г.С. Титов.

ЦНИИМаш фактически стал штабом работы комиссии. Ученые и специалисты института обеспечивали работу МЭК и научно-техническое сопровождение опытно-конструкторских работ (ОКР).

Межведомственной экспертной комиссией совместно с ЦНИИ машиностроения была разработана комплексная программа использования МТКС «Энергия-Буран» в интересах обороны страны, народного хозяйства и науки.

(Окончание на 2-й стр.)

## Посвящается 30-летию успешного полета орбитального корабля «Буран»

### Высшая школа и научный центр



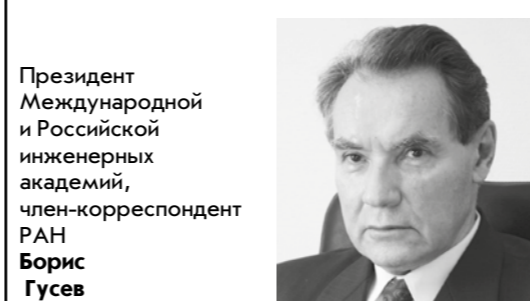
Ректор МГУ имени М.В. Ломоносова, академик РАН Виктор Садовничий

Московский университет активно включился в космические исследования с 40-х годов прошлого века. Тогда в университете работали М.В. Келдыш, В.П. Мишин, А.Ю. Ишлинский, Г.Г. Черный, Д.Е. Охочимский и многие другие. Начиная со второго искусственного спутника Земли, космические аппараты комплектовались приборами, которые разрабатывались и изготавливались в Московском университете.

Сегодня каждый большой факультет Московского университета и научные институты в его составе активно участвуют в космических исследованиях. При этом он обладает уникальной научной базой и кадрами, которые могут не только проводить широкий спектр работ, но и готовить специалистов.

(Окончание на 2-й стр.)

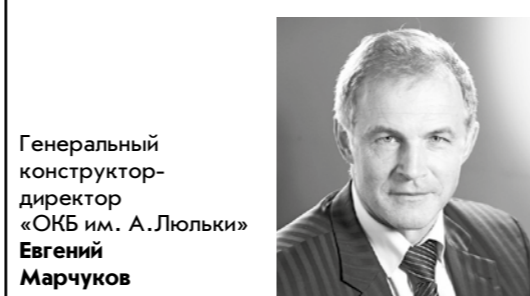
### Прорастая в различные отрасли хозяйства



Президент Международной и Российской инженерных академий, член-корреспондент РАН Борис Гусев

(Окончание на 2-й стр.)

### Главное звено системы — двигатели



В 1983 году ОКБ им. А. Люльки начало разработку изделий специального назначения для универсальной ракетно-космической транспортной системы «Энергия — Буран». Необходимый научно-технический задел уже был сформирован. Еще в конце 70-х «люльковцы» приступили к созданию основных и вспомогательных силовых установок для ракеты-носителя «Энергия», призванных обеспечить жизнедеятельность МТКС «Буран».

(Окончание на 3-й стр.)

### Объединенная установка сработала на «отлично»



Ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» Вячеслав Семенов

(Окончание на 4-й стр.)

### Тепловая защита из «непокойных» решений



Создание советского многоразового космического корабля «Буран» в рамках программы «Энергия-Буран» было самым масштабным проектом в истории отечественной космонавтики, результатом колоссального труда и продуктом творчества большого коллектива лучших ученых АН СССР и отраслевых институтов. 15 ноября 1988 года — особая дата в освоении космоса. Именно в этот день «Буран» совершил свой первый полет продолжительностью в 205 минут. Корабль совершил два витка вокруг Земли, после чего произвел посадку в автоматическом режиме на Байконуре, на аэродроме Юбилейный. Данный факт — полет космического аппарата в космос и спуск его на Землю в автоматическом режиме под управлением бортового компьютера — вошел в Книгу рекордов Гиннесса.

Сотрудникам Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) было поручено решение наиболее ответственной задачи — разработка принципиально новых высокоэффективных материалов и технологий, где ключевым направлением являлось создание теплозащиты. Ученые института успешно выполнили все требования — разработали более 70 материалов и технологий, которые полностью соответствовали техническим заданиям и были применены на корабле «Буран».

(Окончание на 2-й стр.)

### С опорой на опыт, традиции, сплоченный коллектив



Необходимость создания советской многоразовой космической системы, как средства сдерживания потенциального противника, была выявлена в ходе глубоких совместных исследований, выполненных Институтом прикладной математики АН СССР и НПО «Энергия» в период 1971-1975 годов. Было показано, что США, ведя в эксплуатацию свою многоразовую систему Спейс Шаттл, смогут получить решающее военное преимущество по нанесению упреждающего ракетно-ядерного удара.

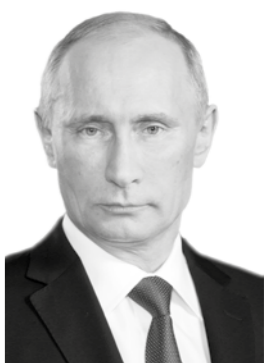
(Окончание на 3-й стр.)

### Летный эксперимент — критерий отработки



Успех полета ОК «Буран», юбилей которого мы отмечаем, был обеспечен высоким уровнем отработки его систем и космического корабля в целом. В эту работу государственного масштаба Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова внес свой вклад: — созданием гиперзвуковых летно-экспериментальных комплексов и проведением в 1980-1988 гг. опережающих летных исследований теплозащиты и аэротермодинамики ОК «Буран» в девяти орбитальных и суборбитальных экспериментах на экспериментальных воздушно-космических аппаратах (ЭВКА) «Бор-4», «Бор-5»;

(Окончание на 4-й стр.)



Продолжая анализ ситуации в космической отрасли, подчеркнул, что для страны она имеет стратегическое значение. Ее уверенное, поступательное развитие необходимо для укрепления обороноспособности, национальной безопасности России, для повышения научного потенциала и создания инновационных производств, - заявил на совещании по вопросам развития ракетно-космической промышленности, мерах по обеспечению ее устойчивости и роста Президент России В. Путин.

Исследование и освоение космоса, использование открывающихся здесь возможностей в интересах экономики и социальной сферы — важнейшие направления технологического прорыва России, продолжил он.

Правительству и Роскосмосу в этой связи дан целый ряд поручений. Прежде всего иметь в виду наращивание орбитальной группировки, создание носителя сверхтяжелого класса, реализацию пилотируемой программы, завершенное строительство космодрома Восточный.

При этом отменю, что у России есть все необходимые конструкторские, инженерные, технологические возможности для успешной реализации всех этих проектов. И, конечно, огромный опыт создания сложнейшей космической техники, уникальные компетенции в освоении космического пространства.

Вместе с тем нашей ракетно-космической промышленности нужно выйти на устойчивый рост качества продукции и выполняемых работ, цена которых должна быть глобально конкурентоспособна. Подчеркну, это ключевое условие для увеличения коммерческого потенциала отрасли, для эффективной работы на мировых рынках, где конкуренция, если не сказать жесткое соперничество, постоянно растет.

Нужно создать условия для продуктивной, слаженной работы предприятий космической отрасли и их трудовых коллективов, конструкторов, инженеров, рабочих. Речь также идет о повышении финансовой устойчивости организаций, дополнительных социальных гарантиях и стимулах для роста профессионализма сотрудников и притока молодых, талантливых кадров.

В совещании приняли участие первый заместитель Председателя правительства — Министр финансов Антон Силуанов, Заместитель Председателя правительства Юрий Борисов, помощник Президента Андрей Белоусов, заместитель главнокомандующего Воздушно-космическими силами — командующий Космическими войсками Александр Головкин, генеральный директор Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» Дмитрий Рогозин.

### Роскосмос в стороне от космических задач?



Заместитель председателя Оргкомитета Конгресса Марк Либерзон

(Окончание на 3-й стр.)

### Открытый космос в открытом Университете



Проректор по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) Сергей Аплюнов

(Окончание на 4-й стр.)





**Высшая школа и научный центр**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

В России существует сложившаяся инженерная школа по подготовке специалистов для создания и эксплуатации космической техники. Однако в настоящее время в ракетно-космической отрасли ощущается кадровый голод, сильно не хватает специалистов по фундаментальным и прикладным космическим исследованиям и использованию результатов космической деятельности. В ответ на этот вызов Московский университет и ответил созданием факультета космических исследований.

Миссия факультета - подготовка специалистов по фундаментальным и прикладным космическим исследованиям и использованию результатов космической деятельности, проведение таких исследований, популяризация космической науки в молодежной среде и выработка предложений для развития космической науки в России.

При выборе направлений подготовки был проанализирован рынок труда и определены основные направления подготовки будущих специалистов. В 2017 году был проведен набор студентов магистратуры по трем магистерским программам - «Технологии смешанной реальности для аэрокосмических систем», «Методы и технологии дистанционного зондирования Земли» и «Государственное управление в космической отрасли». Набрано 42 студента.

В ходе обучения предусмотрена производственная практика. Магистерские программы реализуются в тесном контакте с предприятиями космической отрасли и Российской академии наук. Партнеры факультета - Институт космических исследований РАН, РКК «Энергия» им. С.П.Королева, ЦНИИМаш, Центр подготовки космонавтов им. Ю.А.Гагарина, Научный центр оперативного мониторинга Земли, НИЦ «Планета», АО РКК «Агат» и др.

Первый год работы факультета показал, что поступающие на программы магистратуры зачастую имеют существенно разные уровни подготовки по физике, математике и информатике, некоторым иногда требуются большие усилия, чтобы подтянуть свои знания для адекватного восприятия специальных дисциплин.

Космические исследования мультидисциплинарны, они находятся на стыке разных

наук - математики, механики, физики, химии, биологии, медицины и др. Для успешной деятельности в области космических исследований специалист должен обладать фундаментальными знаниями.

С учетом этого была разработана программа подготовки специалистов (6 лет) «Космические исследования и космонавтика» по специальности «Прикладная математика и механика». Первые пять семестров отводятся на фундаментальное освоение математики, физики и информатики, далее студент начинает осваивать специальные дисциплины, сочетая обучения с практикой: на третьем году обучения на практическую работу выделяется 1 день в неделю, на 4-м и 5-м годах - 2 дня в неделю, на 6-м году - три дня в неделю.

Практика будет проходить как в подразделениях университета, так и в организациях-партнерах. На первых двух курсах для студентов предусмотрена проектная деятельность. Направления специализации совпадают с направлениями магистратуры факультета и постоянно актуализируются.

В 2018-м году прошел первый набор на программу специалитета, на 20 бесплатных мест. Из них 2 по особой квоте, было подано 280 заявлений, реальных конкурс составил 15 человек на место.

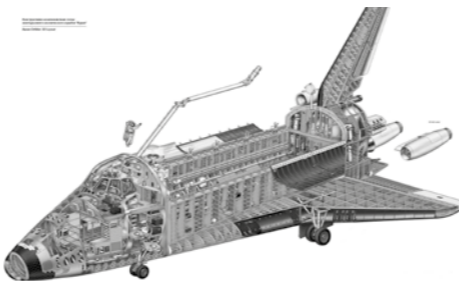
Расширяется набор магистерских программ. В 2018 году открылся набор на 4 новых магистерских программы: «Космические медико-биологические исследования», «Изучение Луны и планет», «Космос и механика», «Менеджмент в космической отрасли».

Помимо образовательной деятельности факультет космических исследований ведет большую научно-техническую работу. На факультете выполняется ряд инициативных проектов. Это, в частности, создание баллистического центра, управление антропоморфным манипулятором с большой задержкой обратной связи, разработка скаффолда для освоения Луны. Также ведется работа по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказу предприятий космической отрасли.

Факультет приглашает активных людей, интересующихся космическими исследованиями для получения актуальной специальности. На него могут поступать как лица без высшего образования (на программу подготовки специалистов), так и люди, имеющие высшее образование и опыт работы. Есть бюджетная и контрактная формы обучения.



**IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС IAC 2018**



**Сопровождение на основе опережения**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

МЭК обеспечивала комплексный контроль качества и надежности разработки, особенно на стыках работ различных отраслей и ведомств. Объем работ комиссии был так велик, что на отдельных этапах экспертизы приходилось привлекать до 800 специалистов из различных научных и проектных организаций.

Согласно результатам работы комиссии и ее рабочих групп было реализовано более 2000 рекомендаций и замечаний по решению проблемных вопросов разработки, что способствовало качественной подготовке летных испытаний системы.

До начала разработки МТКС «Энергия-Буран» в 1972-1973 гг. были проведены научно-поисковые исследования проблем создания систем управления (СУ) многоразовых космических аппаратов. По результатам проработок были обоснованы принципы построения системы управления и требования к приборному составу на различных участках полета орбитального корабля (ОК).

Для осуществления программы прочностных испытаний на территории ЦНИИМаш был построен корпус комплексных температурно-прочностных испытаний (КТПИ), а также сооружены стенды статических и криогенно-статических испытаний на заводе «Прогресс» в Самаре, в создании которых принимали участие и специалисты института.

Большой объем работ был выполнен специалистами ЦНИИМаш в части исследования нагружений и расчетных случаев нагружения конструктивных систем, исследования и уточнения механических свойств новых конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов. Был разработан комплекс норм прочности ракеты-носителя, орбитального корабля и двигательных установок, а также проведены расчеты прочности с учетом особенностей конструкции и технологии их изготовления.

Для обработки прочности уникальных двигателей МТКС «Энергия-Буран» (с учетом применения жидкого водорода, существенных пластических деформаций, многообразия включения и др.), была создана межведомственная бригада специалистов. В результате проведенных исследований были решены задачи обеспечения прочности соплового блока кислородно-водородного двигателя РД-0120 и высокой надежности двигательных установок МТКС «Энергия-Буран» в целом.

Для определения динамических характеристик МТКС «Энергия-Буран» в качестве альтернативы плану дорогостоящего и долговременного строительства натурного динамического стенда на полигоне Байконур институту была предложена и реализована программа создания и испытаний конструктивно-подобных моделей системы в масштабах 1:10 и 1:5.

Самым существенным результатом экспериментальных исследований динамических свойств МТКС «Энергия-Буран» было выявлено значительное влияние люфтов в соединении нижнего пояса межблочных связей на низкие частоты упругих колебаний конструкции, что позволило оперативно доработать эти узлы и исключить принципиальные трудности при работе уже спроектированной системы управления. Летно-конструкторские испытания подтвердили правильность рекомендаций и проведенных доработок.

В обеспечении требуемых точности и полноты наземной аэродинамической обработки системы «Энергия-Буран» были введены в действие новые аэродинамические установки и стенды, разработаны новые методики испытаний, приспособления, средства измерения, разработаны методики и программы расчетного определения аэродинамических характеристик системы и ее элементов.

Научным руководителем всех работ, проведенных в ЦНИИМаш по теплообмену МТКС «Энергия-Буран», был Н.А.Анфимов.

В 1979 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР, в соответствии с которым на ЦНИИМаш возлагалось создание на базе ЦУП-М нового центра управления полетом (ЦУП-Б) многоразовой космической системы «Энергия-Буран» на этапе ЛКИ, а также разработка всего необходимого программного-математического обеспечения.

Создание такой уникальной системы, как ОК «Буран», потребовало качественно нового подхода к организации управления его полетом. Требовалось строгое распределение функций между автоматическим и ручным управлением и управлением ОК из ЦУП-Б ЦНИИМаш. В соответствии с тактико-техническими требованиями к кораблю «Буран», все режимы управления должны были выполняться автоматическими. С другой стороны, ЦУП-Б должен был полностью контролировать все этапы полета, дублировать все основные операции по работе систем корабля в случае возникновения нештатных ситуаций.

В целом комплекс «Энергия-Буран» отличался высокой наукоемкостью широкого формата. И достигнутые при его разработке новации общетехнического назначения заслуживают внимательного рассмотрения с целью их внедрения в некосмических отраслях социально-экономического профиля.

Пресс-служба ФГУП ЦНИИМаш

**Подготовка космонавтов к посадке по-самолетному**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Министерство обороны СССР интересовало проект, аналогичный американскому Space Shuttle.

Успешному полету ОК «Буран» предшествовала длительная отработка траектории оптимального схода с орбиты крупномасштабных моделей беспилотных орбитальных ракетопланов «БОР» в условиях высоких тепловых и аэродинамических нагрузок. На начальном этапе основной целью проведения летных исследований было создание орбитального самолета (ОС) «Спираль», разработкой которого велась в ОКБ-155 под руководством А.И.Микояна.

Однако, Министерство обороны не одобрило проект «Спираль». И работы по нему были приостановлены. Между тем подготовка пилотов в Центре подготовки космонавтов (ЦПК) имени Ю.А.Гагарина велась уже по программе «Спираль». Полученный опыт был использован в дальнейшем при подготовке космонавтов по программе «Буран». Эта подготовка отличалась тем, что пилоты должны были в кратчайшие сроки получить квалификацию летчиков-испытателей.

Первый отряд космонавтов для подготовки по программе «Буран» был создан в 1981 г. из летчиков-испытателей. В него вошли Волк И.П., Левченко А.С., Станквичус Р.А. и Щукин А.В. Командиром первого отряда космонавтов ЛИИ был назначен Волк И.П.

В 1985 году группа космонавтов начала проходить общекосмическую подготовку в ЦПК методом сборов. Работы по подготовке космонавтов были возложены на отдел, возглавляемый В.Ф. Быковским.

В этом же 1985 году в ЦПК была образована группа космонавтов-спасателей, в которую входило три опытных командира. В случае необходимости кто-то из них должен был эвакуировать на «Союзе»-спасатель экипаж с аварийного «Бурана».

В 1986 году с началом развертывания орбитального комплекса «Мир» и завершением создания многоразовой космической системы «Энергия-Буран» произошло существенное изменение направлений исследований в области отбора и профессиональной подготовки космонавтов. Утвердилась новая форма подготовки космонавтов - подготовка методом сборов. Впоследствии таким методом стали проходить подготовку для поддержания своего профессионального мастерства космонавты других ведомств и организаций. А несколько позже - и космонавты иностранных государств. На период таких сборов кандидаты в космонавты и космонавты прикомандировывались к отряду ЦПК.

В 1987 г. на базе отряда ЛИИ был создан отраслевой комплекс подготовки космонавтов-испытателей (ОКПИ). Начальником комплекса был назначен Волк И.П., его заместителем Левченко А.С. В комплекс вошел отряд космонавтов-испытателей в составе: Станквичус Р.А. (командир), Щукин А.В.

**Прорастая в различные отрасли хозяйства**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Как известно, при разработке системы «Энергия-Буран» было создано более 300 прорывных технологий. Но использовать сегодня из них лишь где-то около 5%. Остальные ждут своего часа. Чтобы они не устарели, не утратили своей значимости, мы стараемся привлечь к ним внимание широкого круга специалистов. А иногда и сами участвуем в их реализации.

Большим направлением, которым занимается Российская инженерная академия, является создание и применение композиционных материалов. Несмотря на то, что они уже существенно продвинуты в различные отрасли экономики, мы продолжаем предлагать имеющиеся здесь резервы.

Сейчас под руководством академика Е.Н. Каблова начата работа по широкому использованию композиционных материалов в строительстве и в ЖКХ. Это - серьезный резерв экономики материальных, энергетических ресурсов. По сути дела, для ЖКХ это единственная высокоэффективная система по усилению и ремонту всей инфраструктуры жилищно-хозяйственного комплекса. Это - и усиление конструкций различного рода, это - и эффективные тепло-, звуко- и водозолиция, защита от коррозии решение экологических проблем, связанных со сбором и очисткой сточных вод.

Конечно, огромный, еще не тронутый резерв - это нанокосмосы. Причем, как на основе искусственных, так и природных материалов. Например, растительного происхождения. Это, по сути дела, новое направление - получение эффективных материалов на базе растительных ресурсов.

Не все предприятия и даже отрасли имеют необходимые средства для капитальных вложений в новые технологии и материалы. Но мы стараемся решить и эту задачу, используя те связи, которые существуют между странами СНГ. А в настоящее время - и странами дальнего зарубежья, с которыми разрабатываем целый ряд проектов. Все это - наглядные примеры того, как то, что было создано для космоса, потихоньку прорастает, перерабатывается в других отраслях, которые от этого только выигрывают.

Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский и его соратники были твердо убеждены, что наше будущее, благополучие и развитие неразрывно связаны с космосом. И действительность наглядно подтверждает этот прогноз.

За прошедшие годы человечество в своем развитии преодолело огромную дистанцию. Наука и технологии сделали то, что еще недавно казалось невозможным. Так, спутниковые системы связи и телевидения паутину опутали Земной шар, сделав информацию едва ли не самым дорогим товаром и стратегическим ресурсом, сопоставимым с золотовалютным резервом. Сегодня практически невозможно спрятаться от систем спасения и навигации - они найдут тебя даже в глухой тайге или посреди океана. Наши космические аппараты уже улетают за пределы Солнечной системы, что не мешает им передавать оттуда ценную информацию. А сооружение поселений на Луне и на Марсе становится элементом государственной политики.

Самое же показательное состоит в том, что сегодня в «космический клуб» стремятся попасть далеко не самые развитые и богатые страны. И почти каждая вторая из них заявляет об определенных амбициях. Заявляет не случайно: они уже просчитали, что благодаря снижению массы полезной на грузки за счет микроминиатюризации и повышения эффективности систем выведения космические запуски станут доступными широкому кругу потребителей. В том же, что этот круг будет достаточно широк, можно не сомневаться - сегодня решение многих проблем человечество связывает с космическими технологиями.

Одна из таких проблем сегодня наглядно демонстрирует свою остроту - наша планета словно ошестивилась против человечества разрушительными землетрясениями, наводнениями, цунами, лесными пожарами и сходом лавин. Чтобы прогнозировать эти опасности и минимизировать потери, нужен постоянный мониторинг окружающей среды с помощью спутников. С космическими системами связаны и многие надежды на изучение геологического строения

(зам. командира), Заболотный В.В., Султанов У.Н., Толбоев М.О., Тресвятский С.Н., Шеффер Ю.П., Приходько Ю.В. Все они прошли курс общекосмической подготовки в ЦПК имени Ю.А.Гагарина.

Именно эти летчики выполнили основной объем летных исследований и испытаний. Двое из них - Волк И.П. (1984) и Левченко А.С. (1987) - успешно совершили космические полеты в качестве космонавтов-исследователей на кораблях «Союз-Т» и орбитальных станциях «Салют-7» и «Мир». После космического полета каждый из этих космонавтов выполнил заход на посадку по глассиде ОК «Буран»: - сначала - на Ту-154ЛЛ, а затем - на МиГ-25ЛЛ с целью определения влияния длительного пребывания в невесомости на возможность управления самолетом на этапе посадки.

В период с 1985 г. по 1988 г. было выполнено 24 испытательных полета, 11 рулежек, 19 заходов на посадку в автоматическом режиме и 15 полностью автоматических посадок по программе горизонтальных испытаний. Проведенные испытания обеспечили проверку функционирования всех бортовых систем ОК «Буран» в режимах ручного управления и в режиме автоматической посадки в условиях реального полета на заключительном участке полета задолго до начала летно-космических испытаний системы «Энергия-Буран». Были получены реальные аэродинамические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости ОК «Буран» на участке захода на посадку и посадки.

ЦПК имени Ю.А. Гагарина активно участвовал в подготовке космонавтов к наземной экспериментальной отработке комплекса и полетам по программе МКС «Энергия-Буран». На ЦПК была возложена задача координации подготовки ведомственных групп отряда космонавтов и летчиков-испытателей. На базе Центра прошли общекосмическую подготовку 49 кандидатов в космонавты.

Специалисты ЦПК принимали активное участие и в подготовке космонавтов на стендах промышленных предприятий, создавали свою тренажерную базу, осуществляли военно-научное и техническое сопровождение многоразовой космической системы, участвовали в проведении наземных и летных испытаний орбитального корабля.

Отечественные специалисты не строили иллюзий. Расчеты показывали, что одноразовая ракета значительно эффективнее многоразовой системы. При создании ОК «Буран» специалисты руководствовались, прежде всего решением военных задач, которые были поставлены ранее в программе «Спираль». Многоразовая космическая система «Энергия-Буран» вместе с создаваемой многоразовой авиационно-космической системой с самолетным стартом создали условия для закрытия программы «Звездных войн» в США.

Работая по программе «Буран» специалисты ЦПК имени Ю.А. Гагарина освоили новые технологические подходы к подготовке космонавтов и получили большой опыт в создании тренажных систем коллективного пользования, который использовали в дальнейшем.

Земли, поиск полезных ископаемых. А когда запасы этих ископаемых подойдут к концу - и решение, в частности, энергетических проблем.

Солнечные электростанции на орбитах, передающие энергию на Землю в виде СВЧ-излучения, перешли со страниц фантастических романов на экраны компьютеров в КБ. А пленочные зеркала-отражатели, способные превратить полярную ночь в светлое время суток, уже испытывались при космических запусках. Все это - лишь отдельные фрагменты общей тенденции, стержень которой - повышенный интерес к космическим технологиям. Рыболовство, морской и речной транспорт, лесопользователи и гидрометеорологи, спасатели и пограничники ищут в космосе более эффективные подходы к решению своих проблем.

В новых подходах к решению стоящих задач нуждается и сама космическая отрасль. Прежде всего, речь идет о создании таких систем, которые бы в разы сократили энергозатраты на выведение полезной нагрузки на орбиту. На наш взгляд, среди предложений такого рода особое внимание заслуживает разработанная в НПО «Молния» система МАКС, предусматривающая старт многоразового крылатого космического корабля с «воздушного космодрома» - летящего на большой высоте сверхзвукового самолета.

Такая схема запуска сама по себе более экономична. Кроме того, самолет-космодром позволяет осуществлять запуски из районов, близких к экватору, что также снижает энергозатраты. К числу проблем, от решения которых во многом зависит космическое будущее человечества, относится вопрос о снижении массы сооружений и устройств при сохранении их функциональных свойств. Скажем, при создании космического «Бурана» нашим специалистам удалось создать сверхлегкую теплозащиту в виде плиток из композиционного материала, армированного различными волокнами.

Снижение массы может обеспечить и специальные конструкции. Скажем, специалисты Российской инженерной академии связывают решение многих задач с применением сотового принципа. В космосе он может быть применен для запатентованного сооружения из отдельных сотовых элементов орбитальных станций, платформ под мощные телескопы, причалов для планетарных космических кораблей.

Общепризнано: космос принес в нашу жизнь новый уровень техники. Свидетельством тому - невиданный рывок в области микроминиатюризации, сообщившей мощный импульс развитию электроники и информационных технологий. Логичным продолжением на этом направлении обещают стать наноматериалы и нанотехнологии. Следует подчеркнуть: нанотехнологии и наноматериалы - это не только минимальные размеры структур, но и принципиально новые свойства. Переход на наноровень обещает резкое снижение массы, что так важно в аэрокосмической отрасли. А также многократное повышение прочности и надежности конструкций. В частности, открываются широкие возможности для обеспечения сейсмостойкости.

Для многих ученых и инженеров запуск «Бурана» стал наглядным примером эффективности программного подхода, когда на решении суперсложной задачи государство жестко сосредоточило значительную часть научно-технического и производственного потенциала страны. В единый поток вливались и смелые идеи, и поисковые исследования, и невиданные конструкции из несуществующих материалов, и самоотверженность людей, рискующих быть наказанными.

На наш взгляд, для успешного развития космонавтики и космической отрасли и сегодня нужна «направляющая» и координирующая «рука» государства. Тем более, что здесь лежат и оборонные интересы страны. А ресурсы, которыми мы располагаем, прямо скажем, не безграничны.

Правда, в отличие от ситуации двадцать лет назад, у нас сегодня есть реальный резерв - международное сотрудничество. Оценивая сложность новых вызовов, большинство специалистов приходит к выводу, что решить их усилиями одной страны практически невозможно. Надо объединять усилия. Не только на уровне государств, но и отдельных предприятий, НИИ и КБ, вузов. Даже лабораторий.

Перед нами стоит непростая задача выбора не только эффективных направлений развития, но и способов достижения намеченных целей.

**Тепловая защита из «неспокойных» решений**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Генеральный директор НПО «Молния» Г.Е. Лозино-Лозинский, на которого была возложена обязанность Генерального конструктора проекта, в начале февраля 1976 года приехал тогда к нам в институт, рассказал о предстоящей работе и о трудностях, которые нас ожидали. Особый акцент он сделал на проблеме тепловой защиты многоразового космического корабля, описав свое видение материаловедческих аспектов. И в весьма корректной форме подчеркнул, что решение этой проблемы целиком ложится на ВИАМ. При этом Глеб Евгеньевич предупредил, что устаревшие, недостаточно смелые, «спокойные» решения его не устроят.

Впервые за качество конструкции «отвечали» в основном не традиционные металлические, а неметаллические материалы. Именно эти материалы определяли - быть или не быть «Бурану».

Цель ставилась однозначно: в кратчайшие сроки создать широко известную теперь «плитку» из ультратонкого кварцевого волокна и организовать ее производство. Сложность состояла в том, что к началу проектирования «Бурана» в стране не было необходимого сырья - высоко-температурного, особо чистого, супертонкого (диаметром 1,5-2 мкм) кварцевого волокна, работоспособного при температурах до 1250°С.

Впрочем, создать плитку - это даже не половина дела, и важнее всего это сделать. Перед институтом стояла задача построить полноценную систему тепловой защиты многоразового космического корабля, решив при этом комплекс частных, но от этого ни чуть не менее сложных проблем - начиная от создания клеев и подложек, внешних покрытий, защищающих материал от влаги и атмосферных воздействий, и заканчивая раскромом отдельных деталей и организацией послеполетного ремонта и восстановления покрытий.

Поскольку материал теплозащитных плиток должен быть предельно легким (волокном в нем отводилось менее 10% объема, остальное занимали поры), сложнейшей проблемой было обеспечение его достаточной механической прочности. Для этого нужно было выполнить простое условие - в местах соприкосновения волокон друг с другом осуществлять их соединение, чтобы они в результате образовали единый жесткий пространственный каркас.

Пришлось разрабатывать принципиально новые связи и технологии изготовления плитки. Более того, для обеспечения ее работоспособности потребовалось создать эрозionsоустойчивое влагозащитное покрытие с высокой степенью черноты (более 0,8) для снижения температуры поверхности. А затем - высокотемпературные клеи и демпфирующие подложки (фетры) для закрепления теплозащитных плиток (ТЗП) на алюминиевой обшивке «Бурана».

Надо отдать должное Г.Е. Лозино-Лозинскому: вначале - еженедельно, а затем - каждые две недели он собирал специалистов ВИАМ для детального обсуждения хода работ и организации необходимой помощи при возникновении трудностей.

Итогом работы стали новые теплозащитные материалы (ТЗМ) на основе нитевидных кристаллов нитрида кремния, кварцевых волокон и волокон оксида алюминия (ТЗМК-10/2,5 и ТЗМК-25), работоспособные до температуры 1250°С. При очень невысокой плотности (соответственно 0,15 и 0,25 г/см<sup>3</sup>) они обладают также очень низкой теплопроводностью.

Теплозащита многоразового космического корабля предназначена для работы в зоне воздействия высокотемпературного воздушного потока, который может вызвать разрушение поверхности плиток. В связи с этим каждый элемент требовалось снабдить наружным покрытием, которое обеспечивало необходимые оптические характеристики для переноса теплого потока, эрозionsоустойчивую защиту и защиту от попадания в плитку воды и влаги.

Для этого в институте разработаны покрытия двух типов: «черные» ЭВ-4-4М1У-3 и ЭВ-4 с высокой излучательной способностью - для защиты нижней части планера от наибольших тепловых нагрузок при спуске в плотную атмосферу, и «белые» ЭВС-6, отраживающее температуру нагрева верхней части планера от солнечного излучения в орбитальном полете.

Ничуть не менее сложной задачей была защита плитки от насыщения ее водой. Материал плитки имеет высокую пористость и гидрофи-

лен по своей природе, он может сорбировать до 70% влаги (по массе). Понятно, что это не только приводит к недопустимому повышению массы и может вызвать чрезмерное утяжеление изделия, но и ухудшает все рабочие параметры ТЗП. При выходе изделия на орбиту вследствие интенсивного испарения влаги покрытие просто разрушится вместе с верхним слоем плитки. Допустить этого ни в коем случае нельзя.

И эту задачу в ВИАМ удалось решить. Были разработаны гидрофобизаторы К-21 и К-21ИТ и капиллярная установка для их нанесения на плитку. Вторым этапом стала разработка гидрофобизатора и способа его нанесения на ТЗП непосредственно на изделие, без термообработки. Для объемной гидрофобизации плитки непосредственно на изделии была отработана технология с использованием паровой фазы химических соединений с невысокой температурой кипения, большой летучестью и упругостью паров.

После гидрофобизации на поверхность силикатного покрытия плитки дополнительно наносилась лаковая пленка для защиты от атмосферных осадков, сублимирующаяся при температуре выше 300°С и не влияющая при сублимации на силикатное покрытие плитки. В процессе сублимации с поверхности плитки все загрязнения неизвестного состава улетучивались.

Для склеивания материалов в теплозащитном элементе и крепления теплозащитных материалов к обшивке изделия совместно с НИИ ИХТЭОС мы создали клей-герметик холодного отверждения Эластогил 137-175М, имеющий в отвержденном виде удлинение выше 100% и диапазон рабочих температур от -130 до +350°С.

Уникальная тепловая защита многоразового космического корабля «Буран» была сформирована на его поверхности под руководством специалистов ВИАМа на Тушинском машиностроительном заводе при участии сотрудников НПО «Молния» и ОНПП «Технология». По целому ряду характеристик (прочность плитки, аэродинамическое качество, степень черноты и каталитическое покрытие) она значительно превосходила американский аналог, разработанный для системы «Спейс Шаттл». Из 38 600 плиток теплозащиты «Бурана» лишь единицы были повреждены или утеряны при посадке.

«По сочетанию массы, теплопроводности и теплопрочности внешняя многоразовая теплозащита в виде отдельных элементов - плиток - явилась уникальным решением проблемы теплозащиты орбитального корабля», - так оценили эту работу генеральный директор НПО «Энергия» Ю.П. Семенов и генеральный директор НПО «Молния» Г.Е. Лозино-Лозинский.

Для создания теплозащитных плиточных материалов, удовлетворяющих требованиям эксплуатации орбитального корабля «Буран», ВНИИСПВ под руководством профессора, Героя Социалистического труда М.С. Аслановой впервые были разработаны технологии получения мелкодисперсного штапельированного кварцевого волокна диаметром 1-2 мкм, а во ВНИИВ - технология получения термостойкого полиимидного волокна «аримид».

Особенно важным в работе над материалами по программе «Энергия-Буран» представляется то, что исследования и разработки проводились нашим институтом в хорошо отлаженной кооперации со многими ведущими научными институтами и промышленными предприятиями страны. Среди них - НПО «Молния», ОНПП «Технология», ЦАГИ, ЛИИ, ЦИАМ, Ступинский металлургический комбинат, Курчатовский институт, Институт электросварки им. Патона, Институт химии силикатов, ряд институтов Белоруссии и Армении и многие-многие другие предприятия и организации. В процессе проектирования и изготовления теплозащитных элементов для «Бурана» впервые в стране удалось осуществить уникальную технологию производства огромного числа различных по форме деталей без чертежей, на основе компьютерных моделей и программ. Для того времени это было абсолютно исключительным делом.

Опыт создания и освоения подобных прорывных материалов показал, что большие затраты и усилия на этом пути окупаются с лихвой благодаря тем результатам, которые дает их применение. Причем, не только в аэрокосмической сфере.

Сейчас представляется уникальная возможность использовать наработанный при создании «Бурана» опыт, материалы, технологии. Не сделать этого - глупость, забыть об этом - преступление.



**С опорой на опыт, традиции, сплоченный коллектив**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

ИПМ им. М.В.Келдыша РАН принимал активное участие в работах по созданию системы «Энергия - Буран». В частности, по научному обеспечению участка необратимых операций - спуска орбитального корабля (ОК) «Буран» в атмосфере - с высоты от 100 км до посадки на аэродром. А также разработаны вычислительные модели аэродинамических характеристик ОК «Буран», которыми пользовались все участники проекта.

За год до запуска космического корабля «Буран», 15 мая 1987 г. прошли успешные испытания ракеты-носителя «Энергия». ИПМ им. М.В.Келдыша РАН обеспечил контроль активного участка полета ракеты-носителя.

Практические все эти достижения оказались возможными лишь благодаря огромному опыту, накопленному коллективами разработчиков из разных организаций за всю предшествующую отечественных космических полетов.

В 1944 г. в Математическом институте им. В.А.Стеклова АН СССР (МИАН) был создан отдел механики, заведующим которого стал М.В.Келдыш. С этого момента М.В.Келдыш руководит отечественными работами по ракетодинамике и прикладной небесной механике. К 1947 году относится и знакомство М.В.Келдыша с С.П.Королевым - Главным конструктором ракет дальнего действия, знакомство, перешедшее затем в весьма плодотворное творческое сотрудничество.

В период исследований, предшествовавший запуску Первого искусственного спутника Земли в 1957 году, основные усилия коллектива, руководимого М.В.Келдышем, были направлены на создание межконтинентальной баллистической ракеты и крылатых ракет. Работы Института существенно повлияли на выбор конструкции ракет. В частности, в 1953 году Д.Е.Охотимский (впоследствии академик) решил вариационную задачу по определению оптимальных характеристик пакета составных ракет. Эти работы помогли С.П.Королеву сделать окончательный выбор схемы составной ракеты Р-7, серьезно улучшить летные ее характеристики.

В этот период в Институте были развернуты работы по комплексному баллистическому проектированию космических полетов к Луне, Марсу и Венере. Первоначально главные усилия были направлены на решение задачи достижения Луны и исследования окололунного пространства. Особенно следует отметить первый искусственный спутник Луны «Луна-10» и станцию «Луна-16» (Проект «Е-8»), впервые осуществившую забор и доставку на Землю образцов лунного грунта.

Проект «Е-8» был очень интересным и сложным. Чтобы доставить возвращаемый аппарат (ВА) с лунным грунтом на заданный полигон территории страны, надо было посадить КА на поверхность Луны в пятно радиусом 5 км вокруг выбранной точки. В Институте была создана и отлажена новая высокоточная система траекторных измерений. По наблюдениям за движением ИСЛ «Луна-10», «11» и «12» была создана модель лунного поля тяготения. Результаты этих работ позволили успешно решить задачу забора и доставки на Землю лунного грунта для всех предначиненных для этого лунных аппаратов.

Коллектив Института участвовал во всех проектно-баллистических работах и в работах по баллистико-навигационному обеспечению полетов КА, предназначенных для исследования межпланетного космического пространства, Луны, планет и малых тел Солнечной системы.

С именем М.В.Келдыша непосредственно связаны подготовка и осуществление полета первого космонавта планеты Ю.А.Гагарина 12 апреля 1961 года на корабле «Восток». Мстислав Всеволодович самым активным образом участвовал в разработке программы полета, отработке конструкции корабля, систем жизнеобеспечения. Важную роль он сыграл и в реализации всей последующей программы полетов пилотируемых кораблей и орбитальных станций, обеспечивавших нашей стране ряд приоритетных достижений и внесших решающий вклад в развитие мировой космонавтики.

15 июля 1975 года запуском кораблей «Союз-19» в СССР и «Аполлон» в США начался первый в истории человечества совместный космический

полет представителей разных стран. При подготовке и осуществлении этого полета ИПМ им. М.В.Келдыша РАН принимал самое активное участие.

ИПМ успешно выполнял баллистико-навигационное обеспечение пятнадцатилетней беспрецедентной работы на орбите гордости российской космонавтики - научно-исследовательского комплекса «Мир». Начиная с запуска станции в 1986 году и ее работы на орбите, включая полеты к станции и стыковки с ней 5 научных модулей («Квант», Квант-2», «Кристалл», «Спектр» и «Природа»), 31 пилотируемого корабля «Союз» и 64 грузовых кораблей «Прогресс», БЦ ИПМ оперативно и регулярно обрабатывал траекторные измерения, определял орбиты, прогнозировал движение и рассчитывал параметры маневров каждого из этих космических аппаратов.

Работы по управлению полетом орбитального комплекса «Мир» проводились совместно с ЦНИИ-Имаш и РКК «Энергия».

Космический аппарат «Спектр Р» создан в НПО им. С.А.Лавочкина на базе космической платформы «Навигатор», успешно отработанной на КА «Электрон Л». Также в НПО им. С.А.Лавочкина создан космический телескоп уникальной конструкции.

Наряду с работами по оперативному управлению полетом КА «Спектр Р» ИПМ в тесном сотрудничестве с АКЦ ФИАН участвует в реализации научной программы проекта.

Дружная совместная работа специалистов НПО им. С.А.Лавочкина и ИПМ им. М.В.Келдыша РАН в области баллистики и навигации обеспечила успешное выполнение радиоинтерферометрических наблюдений со сверхдлинными базами. В настоящее время КА, по прошествии 7-ми лет после запуска, успешно функционирует.

Планируется полет КА «Спектр-РГ», «Спектр-РГ» - международный российский-германский проект, нацеленный на создание орбитальной астрофизической обсерватории, предназначенной для изучения Вселенной в рентгеновском диапазоне длин волн. Проект предполагает создание космической обсерватории астрофизики высоких энергий, продолжающей последовательность астрофизических спутников «Астрон» и «Гранат», также разработанных в НПО им. С.А.Лавочкина.

ИПМ совместно с АО «НПО Лавочкина» выполняет баллистическое проектирование полетов КА к Луне: Проект «Луна-Глоб» предполагает исследование поверхности Луны в околополярной области (Южный полюс), а также отработку технологии мягкой посадки. Проект «Луна-Ресурс-ПА» должен продолжить исследование поверхности Луны. Проект «Луна-Ресурс-ОА» включает в себя доставку автоматического космического аппарата на окололунную полярную орбиту для проведения дистанционных исследований поверхности Луны.

Разрабатывается проект полета КА к планете Юпитер - проект «Лаллас-П». КА «Лаллас-П» разрабатывается для исследования планетной системы Юпитера контактными и дистанционными методами. Планируются следующие основные этапы экспедиции: межпланетный перелет к Юпитеру, полет в сфере действия Юпитера, выход на орбиту вокруг Ганимеда, посадка на Ганимед. В качестве средства выведения на орбиту траекторно используются РН Протон-М и РВ Бриз-М.

При полете вблизи Юпитера для уменьшения энергетических затрат на выход на орбиту вокруг Ганимеда проводится серия гравитационных маневров у галилеевых спутников. С круговой полярной орбиты производятся исследования поверхности и выбирается место посадки, удовлетворяющее определенным требованиям по рельефу местности. Посадочный модуль реализует операции по сходу с орбиты и посадке, орбитальный модуль остается на орбите для обеспечения ретрансляции информации с посадочного аппарата. Решение сложных задач баллистики в этом проекте выполняет ИПМ им. М.В.Келдыша и АО «НПО Лавочкина».

Еще один проект - Венера-Д. Это - российский АМС для изучения Венеры. Запуск станции планируется после 2024 года. Проект «Венера Д» предназначен для длительных исследований Венеры. Проект продолжает фундаментальные исследования Венеры, активно проводившиеся в 60-80 годы и в начале девяностых годов прошлого столетия советскими и американскими миссиями. Качественным отличием современного посадочного аппарата от предшествующих



**IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС IAC`2018**



программ исследования Венеры будет оснащено знаниями о геологии поверхности по результатам радарных исследований КА «Венера 15,16» и КА «Магеллан». Посадочный аппарат будет садиться не вслепую, как раньше, а в местность с известным геологическим контекстом. Сложность этого проекта ставит новые задачи в области баллистического проектирования перед специалистами ИПМ им. М.В.Келдыша РАН.

В отечественном космическом проекте «Интерлионзонд» ставится задача вывода КА на близкую к Солнцу гелиоцентрическую орбиту (радиус перигелия должен попадать в диапазон 60-70 радиусов Солнца) с максимально возможным наклонением относительно солнечного экватора (Речь идет о значениях порядка 30 градусов).

Таким образом, с самого начала отечественных исследований космического пространства ИПМ им. М.В.Келдыша РАН активно участвует во многих космических проектах. Часто вклад института в баллистико-навигационное обеспечение полетов КА является определяющим. У нас есть крупные достижения, традиции, прекрасный коллектив. Есть потенциал и стремление и впредь заниматься задачами важными для нашего Отечества.

**У истоков «Энергии»**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Сначала неустанно стремившегося к знаниям, а потом столь же неустанно эти знания обобщавшего на пользу научно-техническому прогрессу.

Первым заместителем Генерального конструктора НПО «Энергия», Главным конструктором ракеты-носителя сверхтяжелого класса «Энергия», Борис Иванович Губанов - фигура вне всякого сомнения знаковая для отечественной и мировой науки и стоящая по масштабу в одном ряду с такими корифеями как Сергей Павлович Королев, Валентин Петрович Глушко, Владимир Николаевич Челомей, Михаил Кузьмич Янгель, Борис Евсеевич Черток.

Он родился в Ленинграде в 1930 году. Любовь к техническим наукам он, вероятно, унаследовал от отца, работавшего с системами связи - в те годы эта отрасль была одной из важнейших и наиболее сложных. Однако молодой человек выбрал для себя другую стезю - авиацию, пережившую в конце сороковых годов время стремительных преобразований.

Появление реактивных двигателей произвело настоящую революцию - резко возросли скорости, изменилась геометрия крыла, самолеты стали больше и тяжелее, возросла дальность их полета. В авиационном производстве стали внедряться новейшие материалы. И, конечно же, принципиально новый тип двигателя - реактивный - находился в постоянном процессе совершенствования. Это был непрерывный созидательный поток, который можно в полной мере назвать творческим. Неудивительно, что авиация и самолетостроение привлекали в свои ряды лучшие таланты, способные привнести в них новое, совершенно нестандартные мысли и новаторские решения.

Стоит отметить, что и сама Казань к моменту приезда Б.И.Губанова уже успела стать «авиационным городом». Здесь располагались Казанский авиационный завод № 22 им. С.П.Горбунова - наследник сразу двух авиапредприятий: одноименного московского завода, эвакуированного в Казань в годы войны, и «местного», основанного в 1932 году авиазавода № 124 имени Серго Орджоникидзе. В том же 1932 году был основан и КАИ - «Альма-матер» Губанова.

В годы Великой Отечественной войны на площадях института работал ряд подразделений и лабораторий Института физики АН СССР, ЦАГИ, ЛИИ, Научно-исследовательского института ГВФ, а также весь состав Харьковского авиационного института. В период с 1941 по 1943 год в стенах КАИ работали такие ведущие ученые-аэродинамики, как А.А.Дороницин, С.А.Христианович, Б.В.Струмицкий во главе с будущим президентом АН СССР М. В. Келдышем. В период Великой Отечественной войны в Казани находилась единственная действующая в Советском Союзе аэродинамическая труба.

В 1945 году в институте была организована первая в вузах страны кафедра реактивных двигателей, на заведование которой был приглашен будущий академик В. П. Глушко - основоположник отечественного ракетного двигателестроения. В числе первых ее преподавателей были С.П.Королев и Г.С.Жирицкий.

Однако еще в процессе учебы молодого инженера привлекла новая отрасль - ракетно-космическая. Ели даже авиация в середине XX века насчитывала лишь несколько десятилетий истории, то ракетно-космическая отрасль и вовсе только-только зарождалась. Однако не только освоение космоса было местом «приложения» знаний ракетной отрасли. «Ракетчики» создавали новые системы оружия, способные обеспечить Советскому Союзу надежную защиту от внешнего врага. Значительная

часть биографии Бориса Ивановича была связана именно с этой стороной отрасли. В этой связи многие страницы его биографии были и остаются мало известными широкой публике.

После окончания самолетостроительного факультета КАИ Б.И.Губанов пришел на работу в серийное Конструкторское бюро при Днепропетровском ракетном заводе (в дальнейшем - ОКБ-586 Главного конструктора М. К. Янгеля). Здесь он прошел путь от инженера-технолога до первого заместителя начальника и Главного конструктора КАБ. Участвовал в разработке и создании многих боевых межконтинентальных баллистических ракет, принятых на вооружение в СССР.

За особо выдающиеся заслуги в создании межконтинентальных баллистических ракет тяжелого класса Р-36 М с минометным стартом, известной по классификации НАТО как SS-18 «Сатана», в 1976 году Б.И.Губанов был удостоен звания Герой Социалистического Труда.

В 1980 году Борис Иванович, наряду с другими специалистами КАИ «Южное», была присуждена Ленинская премия. В 1982 году приказом министра общего машиностроения СССР (Министерство общего машиностроения отвечало за обеспечение всей космической программы в Советском Союзе) он был направлен на работу в НПО «Энергия» (г. Калининград Московской области, ныне г. Королев) на должность первого заместителя Генерального конструктора, Главного конструктора создававшейся многоэтапной космической системы «Энергия - Буран». Под его непосредственным техническим руководством была создана и отработана ракетно-носитель сверхтяжелого класса «Энергия», успешно прошедшая летные испытания и обеспечившая триумфальный полет в 1988 году орбитального корабля «Буран» в беспилотном режиме.

На рубеже 1980-х-1990-х годов Б.И.Губанов занимался проработкой нового модификации носителя, поиском путей применения и совершенствования системы. В 1990-е годы, учитывая новые требования к транспортным системам, он организовал коллектив разработчиков проекта «Воздушный старт» (запуск легкой ракеты-носителя с борта самолета).

С того времени, когда молодой инженер Б.И.Губанов получил диплом Казанского авиационного института, прошло 65 лет. В наши дни востребованность инженерных профессий как никогда высока. И перед нами стоит задача - заинтересовать молодых ребят, «зажечь» их техникой, привести их в этот мир с бескрайними горизонтами. Труд инженера - это процесс в первую очередь творческий. И уже в силу этого он не может не привлекать людей, мыслящих исключительно математическими категориями. Инженерные науки - это ремесло людей, не боящихся заглянуть за горизонт и поступить вопреки правилам. Казанский авиационный институт, ставший за десятилетия истории полноценным политехническим университетом, всегда стремился привлечь в ряды своих студентов именно таких людей.

Символично, что перед новым зданием КАИ с мая прошлого года установлен первый в мире сверхзвуковой пассажирский самолет Ту-144, еще один - наряду с «Бураном» - в создании которого ключевую роль сыграл Борис Иванович Губанов. 31 декабря 2018 года - к 50-летию первого полета Ту-144 - в самолете планируется открыть уникальный интерактивный музей техники для детей. В основу концепции большинства экспонатов будущего музея положена идея, что после его посещения совсем еще юные ребята загорятся инженерными знаниями и будут стремиться стать людьми, изменяющими нашу жизнь, как в свое время это делал Борис Иванович Губанов. Этот музей призван стать своего рода мостом между блестящими достижениями прошлого и бескрайними горизонтами будущего.

**Роскосмос в стороне от космических задач?**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Собственно, возможность широкого международного обсуждения различных проблем, проектов, достижений и легла в основу возникшей в 1993 году идеи провести в Москве широко-масштабный Международный Аэрокосмический Конгресс. По замыслу, его секции по своей тематике отражали бы по возможности все направления и разрезы аэрокосмической и смежных областей.

Среди инициаторов проведения такого Конгресса были такие ученые, как академики Александр Ольевич Ишлинский и Борис Викторович Раушенбах. Именно их известные всему миру имена сыграли решающую роль в привлечении внимания к Конгрессу.

Идея проведения Конгресса поддержали Ректор МАТИ имени К.Э.Циолковского, президент Ассоциации инженерных вузов России Б.С.Митин, начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю.А.Гагарина космонавт П.И.Климук, его первый заместитель космонавт Ю.Н.Глазков, президент Федерации космонавтов России космонавт Н.Н.Рукавишников, президент Ассоциации участников космических полетов космонавт В.В.Коваленок. Был образован Оргкомитет Конгресса под председательством академика А.Ю.Ишлинского. На объявление о Конгрессе сразу же откликнулся выдающийся авиаконструктор Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский, который взял на себя руководство работой по подготовке Конгресса. С этого момента все заседания Оргкомитета проходили в его кабинете на НПО «Молния». Г.Е.Лозино-Лозинский привлек к участию в Конгрессе практически все предприятия отрасли, их руководители возглавили тематические секции Конгресса, программами которых быстро наполнялись поступающими докладами.

В том, что Конгресс актуален и сыграет важную роль в научно-техническом прогрессе удалось убедить Председателя Правительства России В.С.Черномырдина. Было выдвинуто соответствующее Распоряжение Правительства РФ, после чего организаторы Конгресса получили поддержку российских министерств и ведомств. Генеральный директор Росавиакосмоса Ю.Н.Коптев принял решение оказать необходимую финансовую помощь.

В работу по подготовке Конгресса включились президент Российской академии наук Ю.С.Осипов, президент Российской и Международной инженерных академий Б.В.Гусев, президент Российской академии космонавтики А.Д.Урсул.

Широкий отклик идея Конгресса нашла и за рубежом. Из США в августе 1994 года для участия в Конгрессе прибыла многочисленная (около 20 человек) делегация во главе с первым заместителем руководителя НАСА, делегация корпорации МакДоннелл Дуглас Аэроспейс во главе с ее президентом, делегация корпорации Локхид Мартин во главе с ее президентом, большая группа ученых и конструкторов из различных научных центров, много астронавтов. В Конгрессе приняли участие официальные делегации и отдельные участники из почти 20 других стран.

Международный Аэрокосмический Конгресс (International Aerospace Congress - IAC), работавший в МГУ имени М.В.Ломоносова, 1994 году, оказался столь эффективным, что на заключительном заседании его участники единогласно приняли решение проводить подобные конгрессы IAC регулярно, каждые 3 года.

С тех пор Международные Аэрокосмические

Конгрессы IAC регулярно соответствию с решением, принятом на Первом Конгрессе IAC'94, проводятся в Москве, собирая каждые 3 года и собирают каждый раз более 1000 участников - ученых, конструкторов, инженеров, космонавтов, предпринимателей, государственных деятелей, студентов - из многих стран. Существенную положительную роль в проведении конгрессов играет ректор МГУ имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий.

Высокий научный уровень конгрессов обеспечивает Международный программный комитет, в состав которого входят известные ученые и конструкторы из разных стран, а председателем которого всегда является Президент Российской академии наук. Традиционно основным организатором конгрессов выступал Роскосмос, а руководитель Роскосмоса возглавлял Оргкомитет: Ю.Н.Коптев - в 1997-м, 2000-м, 2003-м годах, А.Н.Перминов - в 2006-м и 2009-м годах, В.А.Поповкин - в 2012-м году.

Актуальность технических проблем, представляемых и обсуждаемых на конгрессах IAC, вытекает из того, что общую программу и доклады на каждой секции формируют предприятия и организации аэрокосмической и смежных отраслей, которые принимают активное участие в конгрессах с четким пониманием их важности и полезности. В частности, это такие крупнейшие организации в этой области, как ГНПЦ имени М.В.Хруничева, РКК «Энергия» имени С.П.Королева и ЦНИИИМаш.

ГНПЦ имени М.В. Хруничева «опекает» секцию «Аэрокосмические транспортные системы: проектирование, эксплуатация», секцию «Космические станции и спутники, технологии в космосе», - РКК «Энергия» имени С.П. Королева, секцию «Перспективы космической деятельности России» ЦНИИИМаш.

Пленарные доклады о планах развития отрасли представляло на каждом конгрессе и руководство Роскосмоса. Так продолжалось до прихода к руководству Роскосмосом И.А. Комарова. Сразу же к руководству перечисленным выше организациям, ключевыми в отечественном аэрокосмическом комплексе, пришли новые люди, которые, по мнению большинства специалистов, и свою собственную роль, и роль возглавляемых ими предприятий и организаций в развитии научно-технического потенциала нашей страны представляють ошибочно. Не являются специалистами, они зачастую способствовали регрессу и потере достижений в этой области.

В частности, в период подготовки Международного Аэрокосмического Конгресса IAC'15 в 2015 году руководством Роскосмоса в письме за подписью статс-секретаря - заместителя руководителя Д.В. Лыскова сообщалось в Оргкомитет: «Участие Роскосмоса в МАК (Международный Аэрокосмический Конгресс) не планировалось и не было согласовано, в связи с чем из материалов конгресса упоминание Роскосмоса и его представителей в числе организаторов должно быть удалено». Понятно, что руководители подведомственных Роскосмосу предприятий и организаций также устранились от участия в Конгрессе IAC'15, хотя их сотрудники, как и ранее, представили доклады и сохранили работу секций.

Такое отношение руководства Роскосмоса и, как следствие, руководителей курируемых им организаций к участию в престижном и авторитетном международном форуме напрямую связано с тяжелой и негативной ситуацией в отрасли. Хочется верить, что новое руководство Роскосмоса сумеет преодолеть возникшие сложности, добиться устойчивого развития в нашей стране ракетно-космической и смежных сфер. Тем более, что Президент России четко сформулировал подлежащие решению задачи.

**Главное звено системы - двигатели**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Коллективу предприятия также было поручено спроектировать и изготовить для «Бурана» двигателя типа АЛ-31 без форсажной камеры и с жестким соплом, а также разработать бортовой источник питания гидравлического насоса, создающего давление в системе. ОКБ успешно решило сложнейшую задачу, разработав ракетно-турбовальный двигатель РТВД-14 - автономный источник энергии для привода насосов гидросистем летательных аппаратов.

РТВД-14 отличался рядом конструктивных особенностей, не применявшихся ранее в авиационных и ракетных двигателях. В частности, к их числу относилась высокооборотная турбина с номинальной частотой вращения 55 000 об/мин, потребовавшая создания новых подшипников и уплотнений; пульсирующая подача топлива для снижения удельного расхода и всего один насос маслосистемы, одновременно выполняющий функции откачки и подачи. В качестве топлива предусматривался гидразин, одним из главных преимуществ которого является однокомпонентность, способность создавать реактивную тягу без помощи окислителя.

Модификацией РТВД-14 стало «изделие 22». Первоначально оно отличалось от РТВД-14 лишь тем, что в нем вместо однокомпонентного топлива гидразина, разлагающегося на катализаторе, использовался водород высокого давления, отбирающийся от рубашки охлаждения кислородо-водородного ЖРД. Но в процессе доводки оно приобрело более самостоятельный облик и превратилось в новое изделие - турбоводный ТП-22 для ракеты-носителя «Энергия». Работая на газозоборонном водороде, он выдерживал широкие диапазоны внешних воздействий.

На первой стадии доводки двигателей возникла серьезная проблема, связанная с подшипниками основного, самого высокооборотного вала турбины - узел на изделиях выходил из строя. Этот дефект устранили, используя подшипники с почти вдвое увеличенным радиальным зазором и зазором между наружной облойкой и корпусом.

Двигатели РТВД-14 и ТП-22 прошли множество ресурсных и специальных испытаний на подтверждение буквально каждого пункта требований технического задания - согласно требованиям руководящих документов.

Для отработки алгоритма посадки «Бурана» в НПО «Молния» был построен большой транспортный самолет (БТС-002) конструкции В.М. Мяснищева - аналог, полностью копирующий внешний вид и геометрию космического корабля. На него установили два форсажных двигателя АЛ-31Ф и два безфорсажных АЛ-31 с нерегулируемым жестким соплом сферической формы. Эти двигатели позволяли аналогу многократно взлетать и приземляться.

Впервые БТС-002 поднялся в небо 10 ноября

1985 года. В общей сложности было проведено 25 полетов, из них 15 - с полностью автоматическим завершением посадки. Группу опытных космонавтов-испытателей возглавил Герой Советского Союза заслуженный летчик-испытатель И.П.Волк, который дал высокую оценку двигателям. «Было очень непривычно видеть при имитации автоматической посадки, как штурвал двигался без вмешательства летчика. Как будто себя заставлял к нему не притрагиваться», - признавался он.

Поставленная задача была реализована: «Буран» отделился от ракеты-носителя и успешно приземлился с использованием РТВД-14. С высоты более 100 км точность приземления составила 10-15 метров. Разработкой и доводкой двигателей по космической тематике «Энергия - Буран» руководил авторитетный специалист Ю.П.Марчук. В своих воспоминаниях он отметил: «Наш РТВД-14, являясь механическим приводом гидронасоса, мог надежно работать на эффективном однокомпонентном топливе - гидразине во всех условиях эксплуатации орбитального корабля: при вибрационных и акустических нагрузках, в вакууме, в условиях невесомости. В качестве топлива гидразин был применен впервые, для того времени он был мало изучен и небезопасен. Во время доводки двигателя на стенде произошел сильный взрыв топливного бака с гидразином. Комиссия, изучившая причину взрыва, по эквиваленту приравняла его к 500-килограммовой авиабомбе. По счастью случайности человеческих жертв не было: оператор находился за бронированной стеной, что и спасло его».

После этого инцидента основоположник советского жидкостного ракетного двигателестроения Валентин Петрович Глушко предложил свернуть работы по двигателю и попросил «люльковцев» разработать новые схемы, альтернативные РТВД-14. Однако для того, чтобы спроектировать, изготовить и апробировать другие варианты, требовалось значительное время - не менее пяти лет. Поэтому экспертная комиссия ЦИАМ и Государственного института прикладной химии пришла к выводу, что при строгом соблюдении всех технологических требований к гидразину аварии будут исключены. И Государственная комиссия во главе с министром тяжелого и транспортного машиностроения СССР С.А.Афанасьевым приняла решение продолжить отработку РТВД - ракетно-турбовального двигателя на гидразине.

Первые летные испытания ракетноносителя «Энергия» без «Бурана» успешно прошли 15 мая 1987 году. Турбоводные ТП-22 обеспечили надежную работу гидросистем. Впереди был совместный полет «Энергия» и «Бурана», намеченный на 29 октября 1988 года.

На Байконуре к этому знаменательному событию долго и тщательно готовились: система включала в себя около сотни основных комплексов, и каждый требовалось тщательно проверить. Согласно требованиям безопасности В.П. Глушко, Г.Е. Лозино-Лозинский, Ю.П. Марчук и другие главные конструкторы находились в день старта в боксе, расположенном примерно в километре от пусковой платформы на Байконуре.



**Летный эксперимент – критерий отработки**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

- летными исследованиями и отработкой режимов полета ОК «Буран» на участках снижения, захода на посадку и посадки в автоматическом и пилотируемом режимах на летающих лабораториях и самолете-аналоге;

- летными исследованиями и отработкой на летающих лабораториях бортовых систем, элементов конструкции и теплозащиты ОК «Буран»;

- отработкой и испытаниями комплекса радиотехнических средств навигации, посадки и управления воздушным движением ОК «Буран»;

- разработкой аппаратно-методического обеспечения визуального контроля и сопровождения полета ОК на завершающем участке посадки с применением самолета-истребителя, оборудованного оптико-телевизионной системой наблюдения;

- летными исследованиями в обеспечении аварийного спасения экипажа ОК;

- участием в организации, обеспечении и подготовке отряда летчиков-испытателей-космонавтов.

Общим для всех этих направлений критерием отработки был и остается летный эксперимент. Он же является еще и единственно возможным инструментом исследования тех режимов, которые не моделируются в наземных условиях, режимов критически важных – определяющих специфику создаваемого аппарата.

Каждое новое поколение летательных аппаратов содержит ряд принципиально новых технических решений, и успех создания нового аппарата главным образом определяется своевременной постановкой и результатами опережающих исследований в интересах формирования, проверки и отработки этих технических решений.

Об полной мере это проявилось при создании ОК «Буран», когда возникла необходимость функционирования аппарата сложной самолетной схемы на гиперзвуковых режимах полета. В отличие от многолетнего опыта, имеющегося в авиации, когда в процессе доводки можно постепенно опробовать различные режимы полета, для космического корабля многообразного использования необходимо уже при проведении первого полета быть уверенным в выполнении требований по надежности во всем возможном диапазоне режимов полета. Это обстоятельство требует, чтобы совокупность аэродинамических характеристик, закладываемых в проектирование, была определена с точностью, превышающей точность определения характеристик обычных самолетов.

Проблема определения аэродинамических характеристик с требуемой точностью осложнена тем, что при входе в атмосферу и последующем снижении ОК происходит практически все области течений – от свободнопоточного до континуального.

Современные вычислительные методы исследований гиперзвуковой аэродинамики позволяют получить поле параметров трехмерного обтекания ЛА типа «Буран». Однако и до настоящего времени остается актуальным подтверждение адекватности моделей, заложенных в вычислительных алгоритмах.

Наземная экспериментальная база, являющаяся основным средством исследований, также не позволяет в полной мере моделировать изучаемые явления. По этой причине огромное значение приобретает летные исследования на экспериментальных гиперзвуковых летательных аппаратах (ЛА) – крупномасштабных летающих моделях, демонстраторах технологий, ЭВКА, которые существенно расширяют и дополняют возможности аэродинамических труб и численных методов.

История создания ОК «Буран» и предшествующей разработки орбитального самолета «Спираль» полностью подтверждает вышесказанное. В этих работах данные, полученные в опережающих летных экспериментах в натурных условиях на ЭВКА, были своеобразными маяками, реперными точками для проверки и совершенствования предлагаемых технических решений.

Достаточно сказать, что в первых пусках ЭВКА «Бор-2», «Бор-3» (по теме «Спираль») балансировочный угол атаки отличался от расчетного много ни мало на 150. А температура поверхности настолько превысила расчетную, что это привело к разрушению конструкции теплозащиты. Но особое значение для экспериментальной гиперзвуковой аэродинамики имеют результаты летных исследований на ЭВКА «Бор-4» и «Бор-5», проведенные в интересах создания ОК «Буран».

На экспериментальном орбитальном ЭВКА «Бор-4» (четыре орбитальных пуска, первый полет

- за шесть лет до полета ОК) в условиях, близких к условиям полета была проведена широкая программа опережающих летных исследований, в результате которых:

- осуществлена отработка материалов, покрытий, основных элементов конструкции углерод-углеродной, плиточной и гибкой теплозащиты ОК «Буран». Подтверждена их работоспособность в условиях полета ОК «Буран»;

- существенно уточнены тепловые потоки и максимальные температуры различных элементов конструкции носового обтекателя, нижней несущей и верхней поверхности корпуса, донной области, в межплиточных зазорах. В частности, тепловой поток в окрестности критической точки оказался почти вдвое меньше расчетного. Существенно ниже расчетных оказались и тепловые потоки на верхней поверхности ВКА. Это позволило уменьшить толщину и массу теплозащиты «Бурана»;

- в натурных условиях оценено влияние каталитических свойств поверхности теплозащитных материалов на теплообмен; выявлен перегрев теплозащиты в межплиточных зазорах в зонах с большим градиентом давления. Для его устранения введено межплиточное уплотнение и скорректированы требования к межплиточным зазорам;

- проведены исследования аэродинамических и тепловых характеристик ВКА типа «несущий корпус» и влияния на них различных факторов. Подтверждена состоятельность аэродинамической компоновки «несущий корпус» в диапазоне скоростей от орбитальных до сверхзвуковых, уточнены аэродинамические силовые и моментные характеристики, тепловые нагрузки, реализуемые на элементах конструкции температуры;

- установлено, что неравновесные процессы в ударном слое и процессы каталитической рекомбинации на поверхности ВКА оказывают значительное (до двух порядков) влияние на распределение концентрации электронов по высоте ударного слоя;

- апробирован метод полуквадратной тепловой защиты тонкопрофильного крыла с охлаждением силовой конструкции за счет поглощения тепла при фазовых переходах воды.

Указанные результаты в диапазоне чисел М=28...3 были получены впервые в практике отечественной аэрокосмонавтики.

Данные летного эксперимента использовались в качестве эталонных при оценке методов частичного моделирования в гиперзвуковых аэродинамических трубах, а также для апробации, подтверждения и корректировки расчетных методов и методик наземного стендового эксперимента. В частности, были скорректированы математические модели теплообмена и расчетные методики.

Материалы испытаний использованы в технических заключениях о готовности ОК «Буран» к первому полету.

«Бор-4» является первым в мире орбитальным воздушно-космическим летательным аппаратом с компоновкой «несущий корпус».

Основные результаты опережающих летных исследований на ЭВКА серии «Бор-5» - летающей модели ОК «Буран» в масштабе 1:8 (четыре суборбитальных пуска):

- уточнена аэродинамика ОК «Буран» в условиях, максимально приближенных к натурным. Выявлено превышение значений аэродинамического качества - ключевой характеристики ОК «Буран» - не только относительно априорных (трубных) оценок, но и верхней границы допуска на эту характеристику в диапазоне чисел М=7...3. По мере уменьшения чисел М полета эти превышения несколько увеличивались. Было обнаружено значительное отклонение характеристик путевой устойчивости от данных банка аэродинамических характеристик ОК «Буран» в окрестности чисел М=5...6, а также пониженная боковая устойчивость в окрестности чисел М=2...3. Выявлен значительно более резкий, чем ожидалось, волновой подхват «Бор-5» при прохождении транзвука, проявившийся впоследствии и на ОК «Буран»;

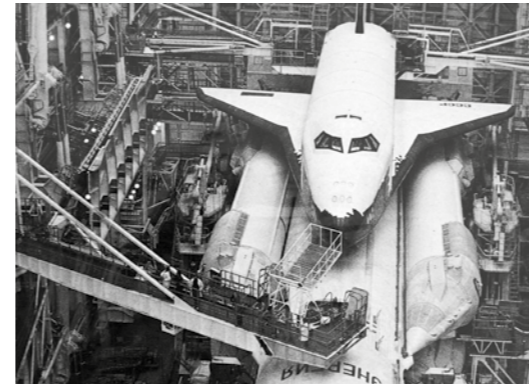
- получен обширный экспериментальный материал по аэродинамике, теплообмену, характеристикам плазмы, распределению давления и акустических нагрузок, переходу в пограничном слое; существенно уточнены данные по тепловым характеристикам «Бор-5», в частности, выявлены расхождения с расчетными оценками температуры элементов верхней поверхности и вертикального оперения КЛМ в 1.5...3 раза;

- исследованы материалы теплозащиты для перспективных изделий.

Летные эксперименты на ЭВКА «Бор-4», «Бор-5», выполненные в рамках программы создания «Буран» позволили не только подтвердить и уточ-



**IX МЕЖДУНАРОДНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС IAC`2018**



нить проектные характеристики ОК, но и получить широкий спектр новых сведений в области аэротермодинамики, плазмообразования, акустических нагрузок, ламинарно-турбулентному переходу, о работоспособности перспективных теплозащитных материалов, конструкций теплозащиты, о возможностях компоновки «несущий корпус».

Данные, полученные в этих экспериментах, а также в полете ОК «Буран», составляют основу отечественной экспериментальной гиперзвуковой аэродинамики. Необходимо отметить, что в успех программы «Бор-4», «Бор-5» значительный вклад внесли НПО «Молния», ЦАГИ, ТМЗ, ПО «Полет», НИИ АП, НИИ АУ, ОКБ «Темп», ММЗ «Звезда», ОКБ МЭИ и другие институты, предприятия, организации и военные части.

Результаты исследований на ЭВКА «Бор-4», «Бор-5» востребованы при проектировании перспективных авиационно-космических систем и, в частности, в Летно-исследовательском институте. Так, на основании опыта создания летно-экспериментальных комплексов «Бор-4», «Бор-5», ЛИИ совместно с ЦИАМ разработал ряд проектов летно-экспериментальных комплексов для опережающих летных исследований гиперзвуковых воздушно-реактивных двигателей (ГПВРД) в диапазоне чисел М полета до 16.

Опыт изготовления теплозащиты и препарировки «Бор-5» использован при разработке и изготовлении крупномасштабной стендовой модели ГЛА с интегрированным ГПВРД. По результатам серии испытаний этой модели на высотном стенде ЦИАМ с использованием методики обработки данных летных испытаний ЭВКА - выполнен анализ параметров потока на внешней части тракта ГПВРД. Методический и научный задел, полученный в работе по теме «Буран», лег в основу разработки Аванпроекта комплекса летных демонстраторов многообразного возвращаемого ракетного блока-работы, проводимой по инициативе ГНПЦ им. М.В. Хруничева.

Эффективность экспериментов на ЭВКА «Бор-4», «Бор-5» свидетельствует о методологической целесообразности включения этапа летных исследований в программу отработки сложных перспективных авиационно-космических систем в целях снижения технико-экономических рисков их создания.

**Открытый космос в открытом университете**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Прежде всего, Санкт-Петербургский университет — одно из немногих вузов в мире, где готовят профессиональных астрономов, а действующие научные школы позволяют студентам активно заниматься исследовательской работой непосредственно в университете. Они изучают крупномасштабную структуру Вселенной, реликтовое излучение, процессы гравитационного взаимодействия галактик, а также физику звезд: развитие теории и методов расчета переноса излучения и вещества в недрах и атмосферах звезд, анализ кривых блеска, спектров и поляризации молодых звезд, звезд с протопланетными дисками и галактических рентгеновских источников.

Магистерские программы «Математическое моделирование в задачах естествознания» учатся проводить исследования и строить математические модели, позволяющие прогнозировать движение астероидов, управлять космическим кораблем, осуществлять гравитационные маневры для изменения его траектории и оптимизировать его расход топлива. Студенты осваивают численные методы, которые дают возможность применять робототехнику при проведении исследований в космическом пространстве.

Еще одна программа, позволяющая связать свою жизнь с космосом, - это «Инженерно-ориентированная физика». По правилам отбора в космонавты (подобно объявленному «Роскосмосом» в прошлом году), в нем могут участвовать только те, у кого есть диплом о высшем инженерном или летном образовании и опыт работы по авиационной или летной специальности не менее трех лет. Если во время учебы студент проходил практику в учреждении, занимающемся авиационной техникой, то ее могут засчитать как опыт работы.

Образовательная программа бакалавриата «Инженерно-ориентированная физика» готовит не только специалистов по компьютерному проектированию технологических процессов и специалистов по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам, но и инженеров-конструкторов, которым будут понастоящему рады на орбите. Также кандидат в отряд космонавтов должен знать иностранный язык в рамках требований программ неязыковых вузов Российской Федерации и иметь знания по русскому языку не ниже оценки «хорошо». Получить такую разностороннюю подготовку, пожалуй, можно только в классическом университете.

В рамках образовательной программы «Гидрометеорология» также можно получить знания «из космоса». Ведь одними из основных направлений дистанционного зондирования Земли из космоса в настоящее время являются прогнозирование гидрометеорологических явлений, изучение глобальных изменений земного климата, мониторинг последствий природных катаклизмов и техногенных катастроф. Гидрометеоролог должен уметь проводить наблюдения и использовать информацию, полученную со станций и установок, разбросанных по всему миру, в том числе и с помощью спутников. На основе этих данных они составляют прогнозы погоды и изменений климата, а также проводят научные исследования.

Наконец, студенты-биологи в стенах Университета получают фундаментальную общебиологическую подготовку вместе со специальными знаниями и практическими навыками в конкретной области современной биологии. Космическая биология изучает функционирование живых организмов в космическом пространстве, а также способы построения систем поддержания жизнедеятельности космонавтов.

Подготовка к далеким космическим путешествиям идет не только в лабораториях ракетостроения. Изучая то, как растения ориентируются в пространстве, физиологи и биохимики СПбГУ ищут способ обеспечивать космонавтов свежей зеленью, выросшей в невесомости. Эта научная область называется гравитационной биологией растений, и подобных разработок не ведет практически никто в России.

Фундаментальное понимание процессов того, как растения растут и размножаются в космосе, имеет важное значение для будущего успеха межпланетных космических полетов, в которых полноценный лицей для экипажа космического корабля.

Важной составляющей деятельности Университета неизменно являются крупные исследовательские проекты, связанные с изучением космоса. В реализации этих проектов вовлечены химики, физики, математики, биологи, специалисты в области наук о Земле.

Так, группа ученых СПбГУ проводит теоретические и экспериментальные исследования сплава с памятью формы, которые применяются в аэрокосмической технике. Эти материалы обладают уникальными способностями восстанавливать значительные неупругие деформации при нагревании или разгрузке и генерируют реактивные напряжения при нагревании. При этом они демонстрируют высокую прочность и коррозионную стойкость. Такое сочетание свойств делает эти материалы перспективными для применения в качестве датчиков, приводов, термомеханических соединений, саморазрушающихся конструкций и преобразователей энергии в различных областях, однако наибольшего применения эти материалы достигли в аэрокосмической технике и медицине. Несколько лет назад компания Bombardier финансировала проект по созданию авиакрыла с изменяемым профилем, а в настоящее время компания Boeing и Airbus финансируют исследование по разработке высокотемпературных сплавов с памятью формы.

Наши ученые изучают взаимосвязь между структурой сплавов, мартенситными превращениями, которые и определяют такое необычное поведение материалов, и эффектами памяти формы в различных объектах, таких как: пористые сплавы с эффектом памяти формы, полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза; тонкие аморфно-кристаллические ленты с заданным соотношением аморфной и кристаллической фазы; биметаллические композиты с памятью формы, полученные сваркой взрывом; монокристаллы сплава Ni-Fe-Ga; сплавы с памятью формы, подвергнутые действию нейтронного облучения или ультразвука.

Кроме того, в университете разработана структурно-аналитическая теория прочности, на основании которой в настоящее время рассчитывают функциональные свойства различных сплавов с памятью формы и конструкций, в том числе и для НПО им. С.А. Лавочкина.

Экспериментальные и теоретические знания, полученные в СПбГУ, позволили ученым разрабатывать и создавать устройства для космической техники. Так, при непосредственном участии ученых университета была разработана и сконструирована ферма «Софора», которая в 1991 году была установлена на корпусе космической станции МИР и, через несколько лет, саморазрушающаяся ферма «Рапана». В настоящее время ученые из Санкт-Петербургского государственного университета работают над проектом, посвященным обеспечению работоспособности и надежности космической техники с элементами из сплавов TiNi с эффектом памяти формы.

Большая группа проектов ученых СПбГУ посвящена фундаментальным и прикладным иссле-

дованиям динамики твердого тела, аналитической механике, нелинейным колебаниям, устойчивости движения, математическому и компьютерному моделированию задач динамики космических аппаратов.

Результаты многих исследований наших ученых в данных областях в разное время получили признание в экспертном сообществе и получили в США, Японии, Канаде, Китае, Индии, Корее, Бразилии и в странах западной Европы, и используются специалистами из таких организаций, как NASA, AIAA, Canadian Space Systems Dynamics and Control Laboratory и ряда зарубежных университетов. За последние 5 лет учеными СПбГУ были также получены важные результаты исследований.

Так, был развит электродинамический метод управления вращательным движением орбитального объекта относительно центра масс. Доказана возможность трехосной стабилизации орбитального объекта в орбитальной системе координат с использованием системы электродинамического управления при наличии возмущающего воздействия гравитационного момента.

Нашим исследователям удалось решить задачу электродинамической стабилизации искусственного спутника Земли в программном режиме движения, при котором ось динамической симметрии ИСЗ стабилизируется в положении, определяемом постоянным углом к местной вертикали, а сам ИСЗ совершает медленное вращение вокруг этой оси. На основе метода функций Ляпунова получены достаточные условия асимптотической устойчивости стабилизируемого программного режима движения при наличии возмущающего воздействия гравитационного момента. Эти условия позволяют обеспечить рациональный выбор коэффициентов параметрического управления в зависимости от параметров ИСЗ и его орбиты.

В явной форме получены условия на параметры управления, гарантирующие асимптотическую устойчивость программного движения без ограничений на точность аппроксимации геомагнитного поля. Доказана возможность использования электродинамического управления углами в геомагнитном поле, для компенсации произвольного возмущающего момента, действующего на ИСЗ. На базе этого общего результата решена проблема электродинамической стабилизации углового положения ИСЗ в орбитальной системе координат в условиях движения по оклоземной орбите, регрессирующей вследствие возмущения, вызванного 2-й зональной гармоникой геопотенциала.

Проблема синтеза электродинамического управления, гарантирующего асимптотическую устойчивость программного движения ИСЗ относительно центра масс, является сложной нелинейной проблемой механики, которая была поставлена и стала рассматриваться сравнительно недавно (2012). Она быстро вызвала интерес специалистов ведущих космических держав, однако решалась лишь в той или иной конкретной аппроксимации геомагнитного поля и при существенных ограничениях как на возмущающие моменты, так и на параметры орбиты.

В 2017 году одна из исследовательских групп университета получила новые результаты, представляющие собой решение поставленной проблемы без ограничений на точность аппроксимации геомагнитного поля, и с учетом дополнительных усложняющих обстоятельств, вызванных движением ИСЗ по регрессирующей (некеллеровой) орбите. Полученные результаты применимы в задачах углового стабилизации орбитальных объектов различного назначения в условиях полета в оклоземном космическом пространстве.

С 2017 года одной из научных групп кафедры теоретической и прикладной механики СПбГУ ведутся исследования по теме «Космическая тряская система». В рамках этого проекта были изучены положения равновесия электродинамической трясковой системы, а также возможности ее электродинамической стабилизации в базовой системе координат. По результатам исследований ученые предложили новый подход к решению задачи стабилизации электродинамического троса в состоянии ориентации вдоль местной вертикали.

Научная группа кафедры гидроаэромеханики СПбГУ проводит исследования в области неравновесной физико-химической аэродинамики в приложении к проблемам входа космических аппаратов в атмосферу Земли и Марса. Ученые также занимаются экспериментальным и численным изучением способов управления сверхзвуковыми течениями с помощью направленного вложения энергии в поток вблизи головной части летательного аппарата.

Результаты этих исследований используются при проектировании сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов, при моделировании полетов на больших высотах.

Исследовательский коллектив лаборатории физики магнитосферы СПбГУ изучает процессы в оклоземной космической плазме, формирующие космическую погоду. В частности, усилием наших ученых развивается глобальное моделирование системы солнечной ветер-магнитосфера-ионосфера, эмпирическое моделирование магнитосфер планет и других космических объектов, кинетическое моделирование и анализ данных спутниковых систем.

Группа синтеза и исследования наночастиц и наноструктурированных материалов занимается разработкой композитных полимерно-неорганических материалов («умных» покрытий) на основе диоксида ванадия для использования в термодатчиках, термопереключателях и ограничителях ИК-излучения, критической температурой переключения которых находится в интервале -150 +20 градусов Цельсия. Также группа работает над созданием магнитных материалов на основе диоксида хрома для высокоточной записи информации; а также материалов для создания радиопоглощающих покрытий на основе наночастиц металлов и оксидов металлов, с устойчивыми в широком температурном диапазоне характеристиками.

Также представляет интерес исследовательский проект химиков СПбГУ «Разработка новых материалов для литий-ионных батарей с улучшенными функциональными свойствами».

Конечно, это лишь некоторые из актуальных исследований, проводимых учеными СПбГУ. Более того, я уверен, что в будущем Университет сыграет еще большую роль в освоении космоса. Сейчас научная работа, связанная с его изучением, лежит преимущественно в естественно-научной плоскости. При этом уже сейчас исследователи задаются вопросом, как может быть устроена жизнь человека на новых пространствах.

В дальнейшем, когда космос станет намного ближе к человеку, вопросы взаимоотношения человека и космоса потребуют комплексного изучения. Как человек будет чувствовать себя в «новом пространстве»?

Как будет происходить переосмысление человеком своего места и «статуса» в свете новых полученных знаний о космосе? Эти и многие другие вопросы предстоит решать с участием специалистов социально-гуманитарных направлений. И классический университет, развивающий сильные научные школы в самых разных предметных областях, сможет внести значительный вклад в эти междисциплинарные исследования новой реальности.

**Объединенная установка работает на «котлично»**

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Институт был определен исполнителем разработки объединенной двигательной установки «Бурана» в части научного сопровождения создания двигателя реактивной системы управления (РСУ) и вспомогательной энергетической установки.

В сжатые сроки в Научно-испытательном центре ЦИАМ в Тураево был создан стенд для высотных испытаний двигателя РСУ с воспроизведением реальных условий полета космического корабля, проведены расчетно-проектные исследования.

Реактивная система управления КК «Буран» была проектом уникальным. Впервые в мировой практике ЖРД малой тяги системы управления работала на несамовоспламеняющихся компонентах топлива: газообразном кислороде и углеродородном горючем. Это дало возможность обеспечить высокую степень пожара- и взрывобезопасности на борту, экономичность всей ОДУ и низкую общую массу РСУ.

Разработчики РСУ стали первопроходцами в этой области – реализация проекта потребовала от них решения таких сложнейших технических и технологических задач, аналогов которым в мире еще не было.

Конструкция РСУ включала в себя 38 двигателей управления тягой 400 кг и 8 двигателей тягой 20 кг. ЦИАМ принял в ее разработке самое активное участие.

Одной из важнейших задач в общей проблеме создания РСУ на несамовоспламеняющихся компонентах топлива стала стендовая отработка управляющего двигателя (УД) конструкции НПО «Энергия». Двигатель был предназначен для работы в космосе как в режиме коротких импульсов, так и в длительном стационарном режиме.

На испытательном стенде ЦИАМ была создана автоматизированная система управления запуском и остановом двигателя. С высокой точностью она выдерживала как импульсный режим работы с частотой до 5 гц, так и стационарный (с максимальной длительностью 500 с). Измерения параметров осуществлялись автоматизированной системой.

двигателя на ТС-1 и на штатном горючем С-2 с переключением стеновых емкостей с различными видами горючего в процессе непрерывной работы двигателя.

Так как на двигателях использовалось несамовоспламеняющееся топливо, в качестве воспламенителя в камере сгорания ЦИАМ предложил использовать воспламенительное устройство авиационного типа. В Институте был спроектирован и изготовлен в габаритах УД модельный воспламенитель на базе авиационной свечи СД-96 со стеновым агрегатом зажигания. После отработки эти устройства стали прототипом штатной системы воспламенения управляющего двигателя.

Отработка узла воспламенения проводилась в ЦИАМ автономно на компонентах керосин и воздух. Огневые включения проводились с опережающей подачей воздуха при расходе топлива (керосина), подаваемого в зону плазменного факела. Результаты регистрации пирометра ДПФ-200 и видеосъемки зоны горения показали, что это устройство обеспечивает надежное воспламенение. Отсюда был сделан вывод о том, что среднее время запаздывания воспламенения составляет 0,011 секунды и находится в пределах заданной величины.

По требованиям технического задания, управление космическим кораблем «Буран» должно было обеспечиваться управляющим двигателем, в том числе - и в режиме коротких импульсов. Это ставило перед разработчиками УД задачу создания быстродействующего клапана подачи газообразного кислорода со стабилизатором расхода. На основе анализа известных конструкций дозирующих элементов регуляторов в ЦИАМ был выбран упругоэластичный тип дозатора пластинчатого типа. В таком дозаторе измерительный и исполнительный элементы объединены в одном - пластине из мембранной стали с однонаправленной заделькой. Принцип действия дозатора был основан на изгибе пластины при действии на нее перепада давлений и, вследствие этого, изменения площади проходного сечения, над которым она установлена.

Полноразмерный макет упругоэластичного дозатора был спроектирован и изготовлен в ЦИАМ совместно с НПО «Энергия». Испытания стабилизатора показали, что частота паразитных возмущений составила не менее 300 Гц, погрешность дозирования расхода – 3%. Полученные характеристики полностью соответствовали требуемым показателям. На основе проведенного в ЦИАМ полного цикла исследований и доработок стабилизатора было сформировано

техническое предложение на штатную конструкцию клапана-стабилизатора для двигателей РСУ.

Значительный вклад внес ЦИАМ также в разработку вспомогательной энергетической установки (ВЭУ) космического корабля «Буран». Проведенные Институтом исследования показали, что в установках подобного типа с широким диапазоном изменения выходной мощности (5-105 кВт) для управления частотой вращения турбины ВЭУ целесообразно применить релейно-импульсную систему управления подачей топлива в газогенератор.

При отработке ВЭУ с гидромеханическим вариантом релейно-импульсной САР были выявлены недопустимые забросы частоты вращения турбины и пропуск команд управления. В связи с этим, по рекомендации ЦИАМ был разработан и принят к реализации в штатной конструкции электронный вариант релейно-импульсной САР с электромагнитным отсечным клапаном.

Правильность принятия этого технического решения была подтверждена результатами безотказной работы всех трех энергетических установок в первом полете «Бурана». Наибольший выигрыш по величине расходаемого топлива имел место при минимальной величине мощности нагрузки и достигал 70%. Интегральный выигрыш по запасу топлива в баках ВЭУ в полном диапазоне изменения мощности составлял около 30%.

Корабль массой 79,4 т (при расчетных 105 т) был выведен на опорную орбиту универсальной ракетой-носителем сверхтяжелого класса «Энергия». С помощью двух импульсов, выданных двигателями орбитального маневрирования, «Буран» был затем переведен на круговую орбиту высотой 263–251 км. Для обеспечения оптимального теплового режима в полете поддерживалась ориентация корабля на разворот левым крылом к Земле. После выдачи тормозного импульса на посадку двигатели РСУ выстроили посадочную «самолетную» ориентацию. На высоте около 90 км к управлению кораблем подключились аэродинамические органы управления.

Таким образом, в ходе орбитального полета космического корабля «Буран» объединенная двигательная установка полностью выполнила свою задачу. Успешный полет многообразного космического ракетно-космического комплекса «Энергия-Буран» подтвердил высокий уровень отработки двигателя управления и достоверность тягово-экономических и ресурсных характеристик, полученных при высотных испытаниях на стенде ЦИАМ. Он стал триумфом и наивысшим достижением отечественной ракетно-космической техники.