

**ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА БОРТУ
КОСМИЧЕСКОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПОПУТНЫМ МЕТОДОМ**

Космические летательные аппараты, создаваемые в Центральном специализированном конструкторском бюро (ЦСКБ, г. Самара), предназначены для дистанционного зондирования Земли и атмосферы в интересах обеспечения национальной обороны и безопасности, а также народного хозяйства страны. Помимо выполнения основных функций, на борту некоторых спутников возможно проведение научных исследований в открытом космосе. Суть двойных технологий проведения научных исследований попутным методом заключается в эффективном использовании резервов массы и объема спускаемого аппарата. Реализация таких технологий выгодна в экономическом плане и повышает мобильность проведения научных исследований в открытом космосе.

Научно-техническим центром (НТЦ) "Наука" и ЦСКБ была реализована возможность попутных научных экспериментов на борту летательного аппарата в условиях открытого космоса наряду с выполнением основных функций. С этой целью созданы контейнеры научной аппаратуры (КНА) и модернизированные контейнеры КНА-М. Эти контейнеры устанавливались на спускаемом аппарате космического аппарата дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) "Ресурс-Ф1". Одновременно размещалось два контейнера. По заданиям ЦСКБ были апробированы испытания конструкционных материалов, узлов, механизмов, элементов электро- и радиосистем, а также регистрации некоторых параметров верхних слоев атмосферы. Для решения этой задачи требовалось создание бортовых испытательных устройств. При их создании определены и разработаны основные требования, предъявляемые к этой аппаратуре, включая ограничения по массе, энергопотреблению и габаритам, возможность выведения на борту попутным методом, совместимость работы аппаратуры с базовым объектом "Ресурс-Ф1".

Кроме контейнеров и испытательных устройств в состав каждого испытательно-го комплекса входят измерительные модули, блоки управления, коммутации, регистрации, хранения или передачи информации.

Контейнер научной аппаратуры предназначен для экспонирования образцов различных материалов (металлических, неметаллических, композиционных), элементов узлов, механизмов, электро- и радиосистем и т.д. в условиях открытого космоса. Однако технические возможности этих КНА ограничены. На платформе, установленной в контейнере, можно разместить образцы, общая масса которых не превышает 1 кг.

Для проведения испытаний непосредственно на борту в условиях открытого космоса были созданы контейнеры КНА-М, в которых размещаются исполнительные устройства испытательных комплексов с образцами. Общая масса устройств и образцов составляет 15 кг. В КНА-М имеются герметичные выводы, которые позволяют осуществлять процесс сбора информации бортовой системой спускаемого аппарата КА ДЗЗ "Ресурс-Ф1". Результаты испытаний также передаются средствами телеметрии в наземные пункты сбора информации.

1. Механические испытания материалов в открытом космосе

Для проведения статических испытаний создана установка "Прочность-1", предназначенная для испытаний образцов металлических конструкционных материалов при одноосном растяжении. Одновременно испытывается пять образцов. При растяжении образца тензорезисторы регистрируют его деформации и усилия, соответствующие этим деформациям. Полученная при этом информация позволяет построить диаграмму $\sigma - \epsilon$.

Устройство "Прочность-2" предназначено для испытания одновременно пяти образцов металлических и металлокомпозиционных материалов и снабжено регистратором времени пребывания исследуемых образцов в условиях солнечного освещения.

Испытательный комплекс "Вибрация" предназначен для исследования влияния условий космоса на усталостную прочность конструкционных материалов при гармоническом нагружении. В состав комплекса входит электродинамический вибростенд, который позволяет испытывать одновременно четыре образца.

Для исследования процессов деградации в космосе оптических свойств поверхностей материалов и покрытий создан портативный бортовой фотометр отражения БФО-1. Модифицированный фотометр позволяет проводить испытания до шестнадцати образцов в автоматическом режиме.

Проведение исследований процессов деградации свойств антифрикционных покрытий в условиях космоса может проводиться на установках "Фрикцион-1". В которых реализуется возвратно-поступательное движение исследуемых образцов по схеме "плоскость-плоскость". Может быть испытано 12 пар образцов при силах нормального давления, прикладываемых к образцам, равных 200...300 Н.

Для определения коэффициентов трения и степени износа, а также для проведения сравнительной оценки триботехнических характеристик различных образцов предназначена установка ММТ-1. Она позволяет подобрать пары трения, обеспечивающие наилучший контакт, например, в штепсельных разъемах и в элементах, обеспечиваю-

щих плотную посадку. Можно подобрать пары трения, гарантирующие отсутствие схватывания для взаимно подвижных элементов.

2. Оценка физических параметров верхних слоев атмосферы

Для получения данных о плотности и уточнения существующих моделей верхней атмосферы, уточнения аэродинамических характеристик космического аппарата были разработаны, произведены, прошли испытания и запущены в эксплуатацию пассивные эталонные искусственные спутники Земли (ПЭИСЗ) "Пион" (пассивный искусственный спутник наблюдения). На спускаемом аппарате они устанавливаются на позициях, предназначенных для крепления КНА. Появление "Пионов" связано с необходимостью оперативного определения мест возможного падения несгоревших остатков космических объектов при неуправляемом входе в плотные слои атмосферы. Примером могут служить аварийные ситуации с американской орбитальной станцией "Скайлеб" и ИСЗ "Космос-954", "Космос-1402", "Космос-1900", от которых, к сожалению, пока не застрахованы разработчики столь сложной техники. Сюда же относятся экологические проблемы засорения космического пространства различными устройствами, предназначенными для вывода объектов на орбиту (обтекатели, стяжные ленты, пироболты, пружины и т.д.).

С 1989 по 1992 гг. на КА ДЗЗ "Ресурс-Ф1" попутным методом было выведено шесть спутников "Пион" на околокруговые орбиты высотой порядка 270 км с углом наклона 82° . При подготовке КА ДЗЗ "Ресурс-Ф1" к запуску на его спускаемом отсеке устанавливаются два пассивных эталонных спутника "Пион". После сброса обтекателей и выхода на орбиту происходит их отделение от КА ДЗЗ. При подаче по командной радиолинии сигнала на блок управления и коммутации открываются замки системы отделения, расчехлявая стяжные ленты, которые под действием собственных упругих сил откидываются и освобождают спутники. Потребляемая при этом пиковая мощность до 30 Вт обеспечивается автономным источником питания. Далее пружинный толкатель сообщает отделяемому субспутнику заданную скорость относительно КА ДЗЗ, и его последующее движение происходит в автономном режиме, который контролируется наземными радиолокационными станциями. Все спутники были изготовлены в виде сфер из стеклопластика диаметром 330 мм и массой 50 кг и отличались лишь коэффициентом аэродинамического сопротивления. Их время существования на орбите составляло от 30 до 40 суток.

Возможность измерения параметров орбиты наземными средствами была реализована путем размещения свинцового восьмиугольного отражателя. Наличие отражателя позволяет довольно точно выдерживать массу спутника в заданных пределах.

Использование сферической формы позволяет с высокой точностью определять баллистический коэффициент спутника и оптимально решать задачи определения плотности верхней атмосферы, уточнения модели взаимодействия атмосферы с конструкционными материалами покрытия оболочки спутника.

Эталонное покрытие одного из спутников было выбрано в результате анализа серии экспериментов на моделях в вакуумных аэродинамических условиях малой плотности Института технической механики Украины и Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского.

В подготовке эксперимента, его проведении и анализе полученных результатов принимали участие ряд организаций. Полученные в процессе проведения экспериментов результаты помещены в специальный банк данных, который формировался с помощью программной измерительно-регистрирующей системы. В целом за время проведения эксперимента были получены уникальные данные (24000) о вариациях плотности верхней атмосферы (ВА) в период максимума солнечной активности, которых вполне достаточно для уточнения и разработки так называемых динамических моделей ВА и соответствующих стандартов.

Рассмотрим основные результаты эксперимента. Во-первых, подтверждена правильность принятых проектно-конструкторских решений при разработке комплекса "Пион" и показано, что движение пассивных эталонных спутников можно контролировать существующими средствами радиолокационного контроля космического пространства. Во-вторых, на основе радиолокационных измерений получено несколько сотен наборов элементов орбит эталонных спутников "Пион" – 1...4 вместе с характеристиками их торможения в атмосфере. Точность определения элементов орбит оказалась достаточно высокой и позволяет использовать накопленные данные, в том числе совместно с аналогичными данными по другим низкоорбитальным КА, для определения вариаций плотности ВА. Погрешности определения вариаций плотности существенно меньше уровня самих вариаций, например, в диапазоне высот 300...400 км в 8...10 раз. Вне указанного диапазона точность снижается из-за неравномерного распределения накопленных орбитальных данных по высоте. Так, на интервале с 6 июня по 19 сентября 1989 г. в диапазоне высот 200...500 км определены отклонения фактической плотности ВА от расчетной с дискретностью по времени в 3 часа. Тем самым была подтверждена также возможность оперативного определения вариаций плотности ВА, в том числе и при высоких уровнях геомагнитной возмущенности. Следует отметить, что фактическое время существования ИСЗ "Пион" оказалось в среднем на 18 суток меньше проектного, определявшегося согласно стандартам для условий 1988 г. с низким

уровнем солнечной активности. В то же время длительность существования оказалась на 18 суток больше расчетной для фактического уровня солнечной активности в июне-сентябре 1989 г., что показывает необходимость уточнения имеющихся моделей ВА и дальнейшего накопления данных для разработки новых стандартов баллистического обеспечения низкоорбитальных КА.

Помимо основного эксперимента попутно были решены и некоторые прикладные задачи. Например, определялись аэродинамические характеристики эталонных спутников и других низкоорбитальных КА с погрешностью до 1...2%. Проводилось уточнение баллистических коэффициентов ряда КА на "фоне" эталонных спутников вместе с характеристиками их изменчивости. Подтверждена возможность оперативного баллистического обеспечения эксплуатирующихся КА в широком диапазоне высот, в том числе и особенности в периоды резкого повышения солнечной активности и высоких уровней геомагнитной возмущенности. Это позволяет повысить точность прогнозирования движения КА в 1,5 ...2 раза.

На основе комплексного анализа результатов проведенных экспериментов конкретизированы перспективные направления дальнейших исследований, а именно: совершенствование и развитие конструкции эталонных спутников; уточнение методов расчета аэродинамических характеристик КА и их фрагментов при неуправляемом движении в верхних слоях атмосферы; повышение точности баллистического обеспечения контроля космического пространства и управления полетом отечественных КА; разработка специализированных малых спутников класса "Пион", в том числе для проведения аэродинамических экспериментов.

В КНА может устанавливаться аппаратура, которая регистрирует различные экологические параметры. В частности, может быть установлено созданное в НТЦ "Наука" устройство "Рондо", предназначенное для регистрации потоков низкоэнергетических корпускулярных частиц в космосе и представляющее собой конструкцию, которая позволяет менять экспонируемые датчики в зависимости от характера натурального эксперимента. В частности, можно получить в результате натурального эксперимента дискретный набор датчиков - пластин, соответствующих реальной ситуации на различных этапах эксперимента. Основой конструкции являются пассивные датчики из специальных материалов, оставляющих в приповерхностном слое характерные треки от взаимодействия с корпускулярными частицами. Датчики располагаются по кольцевой схеме с возможностью их окружного перемещения автоматическим устройством, включающим в своем составе таймер (программатор эксперимента).

Создано устройство, предназначенное для регистрации радиоактивных частиц, представляющее собой конструкцию для экспонирования датчика из специальных материалов. Датчик в процессе полета находится за пределами КА в плоскости, перпендикулярной направлению полета, рабочей поверхностью к набегающему потоку. Устройство включает в себя механизм выдвижения - втягивания датчика с приводами, контактные датчики, обеспечивающие коммутацию и выдающие информацию о положении экспонируемого датчика на телеметрическую систему КА. К настоящему времени дважды проведены летные эксперименты устройства в космосе.

Итак, на борту КА "Ресурс Ф1" были реализованы попутные научные эксперименты и исследования в космосе, что показало их несомненные достоинства – мобильность получения результатов и сравнительно низкие финансовые затраты.

Целесообразно проведение дальнейших исследований по установлению пределов ограничений массовых характеристик, энергопотребления, габаритов различных устройств, совместимости их работы с базовыми объектами.

Библиографический список

1. Н.А. Махутов, Ю.Л. Тарасов, В.М. Дуплякин. Испытания в космосе//Заводская лаборатория. – 1994, №1.