



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL
A/AC.105/619*
21 November 1995
RUSSIAN
Original: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА
БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВ С ЯДЕРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ
ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
С КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ

Записка Секретариата

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Страница</u>
ВВЕДЕНИЕ	1-4	2
ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ		3
Канада		3
Чили		4
Япония		4
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии		11

*Настоящий документ официально не редактировался.

ВВЕДЕНИЕ

1. В пункте 32 своей резолюции 49/34 от 9 декабря 1994 года Генеральная Ассамблея отметила, что государствам-членам необходимо уделять больше внимания проблеме столкновений космических объектов, включая ядерные источники энергии, с космическим мусором и другим аспектам проблемы космического мусора, и призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу в целях разработки усовершенствованных технологий наблюдения за космическим мусором и сбора и распространения данных о космическом мусоре. Ассамблея отметила, что по мере возможности информацию по этому вопросу следует представлять Научно-техническому подкомитету Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.
2. В пункте 17 той же резолюции Генеральная Ассамблея предложила государствам-членам представлять Генеральному секретарю на регулярной основе доклады о национальных и международных исследованиях, касающихся безопасного использования спутников с ядерными источниками энергии.
3. В своей вербальной ноте от 4 августа 1995 года Генеральный секретарь предложил всем государствам-членам направить Секретариату к 31 октября 1995 года упомянутую выше информацию, с тем чтобы Секретариат мог подготовить на ее основе доклад для представления Подкомитету на его тридцать третьей сессии.
4. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от государств-членов, по состоянию на 31 октября 1995 года. Информация, поступившая после этой даты, войдет в соответствующие добавления к настоящему документу.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ

Канада

[Подлинный текст на английском языке]

Канадское космическое агентство имеет честь представить следующую информацию, касающуюся получения и понимания данных относительно характеристик среды космического мусора и методов ослабления последствий столкновений с ним:

- MELEO: Практический эксперимент по изучению внешнего воздействия на материалы на низкой околоземной орбите (MELEO), который был проведен во время полета КТС-52 "Шаттл" в октябре 1992 года. Основная цель этого эксперимента заключалась в определении воздействия космических условий на образцы материалов (в общей сложности 313), которые были помещены на манипуляторе КАНАДАРМ (канадский дистанционный манипулятор на МТКК США "Шаттл") и в ходе полета в течение примерно 30 часов подвергались внешнему воздействию в направлении "скоростного напора". Экспериментальное оборудование включало в себя также двое активных микровесов на кварцевых кристаллах, которые, функционируя в режиме реверсирования, должны были измерять плотность потока атомарного кислорода во время внешнего воздействия. Эксперимент был разработан рядом исследователей, некоторые из которых включили в него материалы, предназначенные для сбора небольших частиц орбитального мусора и микрометеоритов. В ходе полета полезная нагрузка в виде спутника была выведена из МТКК "Шаттл" и с помощью твердотопливного ракетного двигателя переведена на высокую орбиту. Именно благодаря этому в ходе полета была получена большая часть данных об орбитальном мусоре. Хотя образцы материалов во время запуска ракетного двигателя были защищены, многие из возвращенных на Землю для оценки образцов оказались со следами столкновений со множеством мелких частиц. Согласно оценкам, размеры частиц соответствовали предполагаемому потоку газов твердотопливного РД, хотя такая продолжительность сохранения облака мусора не предполагалась. В результате проведения этого эксперимента были получены данные об орбитальном мусоре, появляющемся вследствие сжигания топлива твердотопливного ракетного двигателя.
- ACOMEX: Эксперимент по изучению внешнего воздействия на перспективные композитные материалы (ACOMEX) был проведен во время полета КТС-41G "Шаттл" в октябре 1994 года. Цель этого эксперимента заключалась в сборе данных об ухудшении свойств композитных материалов на низкой околоземной орбите. Экспериментальное оборудование включало в себя несколько образцов материалов, помещенных на манипуляторе КАНАДАРМ, который в ходе полета в течение примерно 40 часов был установлен в направлении "скоростного напора". Этот эксперимент не предусматривал измерений параметров орбитального мусора, однако при анализе образцов материалов, которые после полета были возвращены на Землю, были получены некоторые данные наблюдений, которые были определены как возможный результат столкновений в космосе. Хотя подробных данных получено не было, этот эксперимент способствовал разработке эксперимента MELEO, упомянутого выше.
- LDEF: С помощью платформы для изучения длительного внешнего воздействия (LDEF) был проведен, в частности, эксперимент, разработанный канадскими исследователями из Торонтского университета. Уже имеется множество публикаций о результатах, полученных с помощью космического аппарата LDEF, в том числе о результатах этого канадского эксперимента. Экспериментальное оборудование после его возвращения на Землю было тщательно изучено с целью определения мест столкновений. Были четко определены более 70 таких мест. Кроме того, данные, касающиеся всего КА, переданные через Специальную исследовательскую группу по орбитальному мусору, были проанализированы и представлены в форме технической монограммы, которую можно использовать для проектирования космических кораблей. Кроме того, проводились наземные испытания для корреляции величины и вида повреждений использованных в экспериментах образцов и вероятных размеров и скоростей частиц.

- Институт наук о космосе и Земле (ИСТС) и Университет Западного Онтарио изучают возможность мониторинга космического мусора с помощью неуправляемых наземных телескопов большого диаметра на основе концепции жидкометаллических зеркал, разработанной в Лавальском университете.
- Компания "Эм-Би-Пи технолоджис оф Пойнт-Клэр", Квебек, исследует возможности использования оптико-электронных и ИК датчиков, особенно датчиков и систем, базируемых в космосе, для проведения космических наблюдений; проявляется интерес к использованию радиолокационной техники, работающей в миллиметровом диапазоне волн, для наблюдения и слежения за космическим мусором и его идентификации.
- На основе данных о столкновениях, полученных с помощью платформы LDEF, Институт аэрокосмических исследований Торонтского университета (УТИАС) готовит монограммы по конструктивным решениям, позволяющие прогнозировать число столкновений с космическим аппаратом в зависимости от высоты и наклона орбиты, времени нахождения на орбите и ориентации.
- Институт аэрокосмических исследований Торонтского университета (УТИАС) разрабатывает защитные технологии в целях уменьшения ущерба, наносимого орбитальным мусором. Кроме того, Институт работает над проверочными экспериментами, которые предполагается проводить во время полетов снаружи космических станций.
- Факультет физики Университета Британской Колумбии проводит исследования, касающиеся фундаментальных свойств материи при высокой плотности энергии; эти исследования способствуют пониманию эффектов столкновений на гиперзвуковых скоростях; с помощью двухступенчатой газовой пушки проводились испытания при скорости 4 км/с, возможны испытания при 6 км/сек, а при модификации пушки - при 8 км/с; вследствие бюджетных ограничений проведение дальнейших крупномасштабных испытаний в ближайшем будущем не планируется.

Чили

[Подлинный текст на испанском языке]

Чили сообщает, что в настоящее время никаких национальных исследований по проблеме космического мусора не проводится и что страна не располагает спутниками с ядерными источниками энергии. В этой связи исследования по проблеме возможных столкновений ядерных источников энергии с космическим мусором не проводятся.

Япония

[Подлинный текст на английском языке]

ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ЯПОНИЕЙ В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ МЕРОПРИЯТИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОБЛЕМОЙ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Проблема космического мусора является подлинно глобальной проблемой, решать которую должны совместно все страны, участвующие в освоении космоса, чтобы сохранить безопасную среду для космической деятельности в будущем. Одними из первых в мире внимание к этому вопросу привлекли в Японии в 1971 году М. Нагато и его коллеги из Института космонавтики и астронавтики (ИСАС)¹. С тех пор различные организации в Японии проводили независимые исследования по этой теме. Вместе с тем сколь-нибудь систематическая или организованная деятельность не осуществлялась до тех пор,

пока в 1990 году Японское общество по аэронавтике и космонавтике (ЯОАК) не образовало Исследовательскую группу по космическому мусору. Эта группа, в состав которой входили более 30 представителей организаций и предприятий, связанных с космическими исследованиями, в январе 1992 года опубликовала промежуточный доклад, а в марте 1993 года - окончательный доклад². Дальнейшую деятельность по реализации некоторых рекомендаций, содержащихся в этом докладе, осуществляют две вновь образованные исследовательские группы ЯОАК. Благодаря непрерывным усилиям этих исследовательских групп ЯОАК японские учреждения и организации, связанные с космической деятельностью, в настоящее время признают, что проблема космического мусора представляет собой уже не абстрактную, а скорее реальную и серьезную угрозу как пилотируемым, так и непилотируемым полетам в космосе. В июле 1994 года был опубликован доклад относительно подхода Японии к космической деятельности в долгосрочной перспективе³, в котором правительственная Комиссия по космической деятельности (ККД) охарактеризовала политику Японии в отношении проблемы космического мусора следующим образом: "Япония будет стремиться разрабатывать такие системы, которые будут оставлять как можно меньше космического мусора. Что касается существующего космического мусора, то Япония будет сотрудничать с другими странами в рассмотрении возможностей его сокращения". Национальное агентство по освоению космического пространства (НАСДА), которое отвечает за обеспечение практического применения космических разработок в Японии, в августе 1993 года создало собственную рабочую группу для изучения проблем космического мусора и разработки политики НАСДА, а также стандартов в отношении ослабления последствий столкновений и обеспечения защиты от космического мусора.

В настоящем документе содержится краткий обзор текущей и планируемой деятельности Японии, касающейся проблемы космического мусора.

I. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

A. Оптическое наблюдение

Оптическое наблюдение за объектами, находящимися на геостационарной орбите, осуществляется с помощью системы оптического наблюдения Лабораторией исследований в области связи (КРЛ), расположенной в Когане, пригороде Токио (35,42° с.ш., 139,29° в.д.). В эту систему входит телескоп с апертурой 1,5 м, охлаждаемая на основе явления Пельтье телекамера на приборах с зарядовой связью (ПЗС) с размером микрокадра 1242 x 1152 пикселя, компьютер для обработки изображений, а также другое научное оборудование и аппаратура связи. Первоначально эта система была создана в виде стационарной наземной станции для проведения экспериментов в области космической связи с использованием геостационарных спутников. С помощью этой оптической системы наблюдения КРЛ теоретически можно наблюдать за находящимися на высоте геостационарной орбиты объектами размером всего лишь 20 см. В этой связи ожидается, что использование этой системы внесет вклад в осуществление совместного международного проекта, направленного на определение параметров космического мусора на геостационарной орбите (ГСО) и рядом с ней.

С 1992 года в рамках совместных исследований с НАСДА Национальная астрономическая обсерватория (НАО) в Японии ведет наблюдение за спутниками на ГСО, используя для этого телескопы Шмидта Кагосимского космического центра (ККЦ) ИСАС (31,13° с.ш., 131,04° в.д.) и обсерваторию Кисо Токийского университета (35,48° с.ш., 137,38° в.д.). Определенные перспективы открывает также использование других телескопов в Японии. Однако для более подробных и долгосрочных наблюдений потребуются специализированная система наблюдения за космическим мусором. В июле 1995 года ЯОАК и НАСДА приступят к проведению предварительных совместных исследований, предусматривающих наблюдение за спутниками на геостационарной орбите в целях выявления на ней космического мусора.

B. Радиолокационное наблюдение

Возможности осуществления мониторинга космического мусора с помощью бистатической радиолокационной системы изучают в ИСАС Т. Такано и его коллеги. Они успешно продемонстрировали возможность применения этой системы в рамках эксперимента по наблюдению

научного спутника "Июкох" массой 420 кг, находившегося на круговой орбите высотой 600 км и наклонением 31,3°. В рамках этого эксперимента в качестве передающей станции ученые использовали антенну диаметром 20 м, установленную в ККЦ, а в качестве приемной станции - антенну диаметром 64 м, установленную в Центре "Усуда" по исследованию дальнего космоса (УДСК) ИСАС (36,13° с.ш., 138,37° в.д.). Расстояние между этими двумя станциями составляет примерно 1 000 км. Современная техника связи позволяет выявлять на высоте 500 км мелкие объекты диаметром 2 см.

Группа ученых ИСАС под руководством Т. Иокота изучает возможности использования лазерной радиолокационной системы для обнаружения космического мусора. Эта система включает в себя лазер Nd:Yag, расширитель светового пучка, телескоп, телекамеру на приборах с зарядовой связью (ПЗС), фотоумножитель и компьютер. Предполагается, что эта система будет способна обнаруживать частицы диаметром 1 мм на расстоянии 1 км. В этой связи она может использоваться в качестве бортовой системы наблюдения за космическим мусором в целях обнаружения частиц небольшого размера и совершения маневров, исключающих столкновения. Научная группа создала опытный образец системы и в настоящее время испытывает ее основные характеристики.

РЛС являются наиболее эффективным средством ведения наблюдений за космическим мусором "угрожающего размера" на низкой околоземной орбите (НОО), т.е. за частицами размером более 1 см. Все существующие базы данных и статистическая информация о таком космическом мусоре, включая знаменитый каталог ЮССПЕЙСКОМ, в значительной мере зависят от результатов наблюдений с помощью различных РЛС. В них обычно содержится важное указание на размер, который определяется на основе интенсивности отраженного радиосигнала. Так, при оценке последствий столкновений частиц космического мусора с защитным экраном в качестве размера частицы обычно принимается диаметр сферы.

Вместе с тем, согласно результатам статистических исследований, такое допущение является преувеличенным, если сопоставить размер, рассчитанный на основе радиолокационных измерений, с размером, рассчитанным на основе площади проектированной физической поверхности, определенной по сходу с орбиты вследствие сопротивления атмосферы⁴.

Размер цели рассчитывается на основе эффективной площади отражения (ЭПО), которая определяется как площадь изотропного рассеивателя, мощность обратного рассеяния которого является такой же, как и у данной цели. Эта площадь действительно совпадает с физической площадью сечения крупных металлических сфер, однако часто значительно отличается от площади объектов неправильной формы, особенно когда наблюдение ведется в диапазоне ВЧ. Так, кусок тонкого провода может быть принят за пушечное ядро.

Что касается объектов размером меньше длины волны излучения РЛС, то величина ЭПО обратно пропорциональна длине волны в четвертой степени (или значению частоты в четвертой степени). Поэтому большинство РЛС слежения за космическим мусором для обеспечения высокой чувствительности к малоразмерным частицам мусора использует частоту 5-10 или даже более ГГц. При столь высокой частоте с изменением ориентации цели относительно РЛС происходит существенное изменение величины ЭПО. Поэтому трудно рассчитать реальное сечение объекта на основе наблюдаемой ЭПО.

С другой стороны, при более низкой частоте значительно упрощается связь между физическим сечением и ЭПО, но при этом существенно падает чувствительность к сигналам, отраженным от малоразмерных целей.

РЛС для средних и верхних слоев атмосферы (СВ) Киотского университета, Япония, представляет собой мощную РЛС ОВЧ, работающую на частоте 46,5 МГц; пониженную чувствительность при такой частоте компенсируют высокая выходная мощность (1 МВт) и 100-метровая антенна. Эта РЛС имеет приблизительно такую же чувствительность, как и РЛС, используемые для дополнения данных каталога ЮССПЕЙСКОМ⁵.

Основным объектом наблюдения этой РЛС является атмосфера Земли, а точнее слабое обратное рассеяние, связанное с неоднородностью показателя преломления воздуха вследствие атмосферной

турбулентности. Поскольку эти отражаемые от атмосферы сигналы столь слабы, ученых беспокоит наложение сильных "нежелательных" сигналов, отраженных от различных объектов, например, от космического мусора. Япония решила извлечь пользу из этих прежде не принимавшихся во внимание отраженных сигналов и в 1988 году приступила к осуществлению статистического исследования по проблеме космического мусора.

Антенна РЛС СВ состоит из 475 директорных антенн, образующих активную фазированную решетку. Преимуществом этого вида антенны является то, что она позволяет почти одновременно вести наблюдение в различных направлениях на основе электронного переключения множества антенных лучей. На рисунке 1 показан пример наблюдения за космическим мусором с помощью восьми антенных лучей, последовательно переключаемых поимпульсно в зените⁶. Цель, которой в данном случае оказался ускоритель спутника "Космос-1023", прошла через эти лучи, и примерно в течение 20 секунд прослеживалось изменение ЭПО. Приблизительно определить орбиту цели можно также на основе единичного наблюдения. Обычные РЛС с большой параболической антенной не позволяют непрерывно наблюдать движущийся по орбите объект свыше доли секунды, если его орбита неизвестна заранее.

Значительное и плавное изменение со временем ЭПО (см. правую нижнюю диаграмму на рисунке 1) указывает на вращение ускорителя. Максимальное значение ЭПО приблизительно сходится с максимальным физическим сечением объекта.

Наиболее очевидный способ "увидеть" форму цели с помощью РЛС состоит в том, чтобы в достаточной степени сузить антенный луч, что позволит четко определить цель. Однако получение разрешающей способности 1 м на расстоянии 100 км является практически неосуществимым, поскольку для этого диаметр антенны должен быть порядка 10 км. Более разумно использовать метод, основанный на вращении цели. Он заключается в том, чтобы, измеряя спектры доплеровской скорости, четко определять различные части цели, движущиеся с разной скоростью относительно РЛС. Этот метод, именуемый измерением с помощью РИСА (РЛС с инверсной синтезированной апертурой) или ИДСИ (интерферометрия с доплеровской системой траекторных измерений), широко используется в военной радиолокации и в радиолокационной астрономии. Он уже применялся для наблюдений за космическим мусором с помощью германской РЛС ФГАН и позволил получить четкое изображение орбитального комплекса "Салют-Космос"⁷. Особое беспокойство вызывает то, что в настоящее время максимальная разрешающая способность составляет около 1 м, что недостаточно для определения формы мелких целей размером 1-10 см.

Рисунок 1. Угловое перемещение (слева), изменение высоты (справа сверху) и изменение ЭПО (справа внизу) ускорителя спутника "Космос-0123" на основе наблюдений с помощью РЛС СВ. Окружности на рисунке слева показывают поле облучения антенными лучами

С

В

сечение (м²)
время (с)
высота (км)
время (с)

31 июля 1989 года 18:51: 6 (мест.вр.)

Некоторую статистическую информацию о форме космического мусора можно получить путем сопоставления физического сечения, рассчитанного на основе сопротивления атмосферы, и ЭПО, как это показано выше. Основным недостатком этого метода является необходимость слежения за одним объектом в течение длительного периода времени для определения вырождения орбиты.

Аналогичную информацию дают также результаты наблюдений с помощью РЛС СВ. Результаты цифрового моделирования показали, что величину изменения ЭПО можно толковать с точки зрения вытянутости объекта. Поскольку при единичном наблюдении изменение можно видеть лишь под одним углом, требуется статистическое толкование множества наблюдений. Согласно результатам такого анализа, объем относительно небольших частиц космического мусора, наблюдавшихся с помощью РЛС СВ, составляет менее половины объема сферы с такой же ЭПО.

Чтобы определить фактические размеры частиц космического мусора, необходимо получить информацию об их форме. Хотя первоочередной задачей при проектировании будущей РЛС для наблюдения за космическим мусором является обеспечение достаточной чувствительности, позволяющей обнаруживать объекты размером 1-10 см, такая РЛС должна быть способна также проследивать неизвестные объекты непрерывно в течение минимум 10 секунд, что необходимо для проведения анализа результатов РИСА (ИДСИ) и/или статистического анализа, как это показано выше. Для обеспечения этой функции необходимым элементом является фазированная антенная решетка.

С. Определение последствий столкновений

После года интенсивных исследований Исследовательская группа ЯОАК по выявлению столкновений с космическим мусором и микрометеоритами предложила результаты послеполетного анализа (ППА) Космического летательного аппарата (КЛА) Институту технологии экспериментальных автономных беспилотных космических аппаратов (ЮСЕФ).

КЛА представляет собой ориентируемую на Солнце и стабилизируемую по трем осям беспилотную платформу. Он был выведен на орбиту третьим запуском ракеты Н-II 15 марта 1995 года; планируется, что он будет возвращен на Землю с помощью КТС-72 "Шаттл" в январе 1996 года. КЛА будет обращаться по круговой орбите с высотой 300-500 км и наклоном 28,5° и станет первым японским космическим аппаратом, возвращенным на Землю. Общая площадь подвергаемых внешнему воздействию поверхностей КЛА составляет примерно 150 м², при этом объектом ППА должны стать следующие четыре наиболее крупные поверхности:

- многослойная изоляция (МСИ) блока полезной нагрузки, представляющего собой восьмиугольную структуру диаметром 4,46 м и высотой 1,40 м;
- блок КЛА для изучения внешних воздействий (EFFU), имеющий кессонную конструкцию с верхней гранью размером 1,48 м х 1,48 м, являющуюся радиатором из серебристого тефлона, и с четырьмя боковыми пластинами высотой 1,05 м, покрытыми алюминизированной каптоновой МСИ;
- опора панели солнечных батарей длиной 24,4 м и шириной 2,36 м; и
- двумерная разворачиваемая высоковольтная солнечная батарея, которая в полностью открытом виде представляет собой треугольный парус высотой 3,84 м с длиной основания 3,62 м.

Предполагается, что в результате сопоставления полученных данных с данными ППА платформы LDEF, орбитального модуля ЭВРИКА и солнечной батареи КТХ, будет получен большой объем информации.

На борту МТКК "Спейс шаттл" планируется осуществить демонстрационный полет (JFD) японского экспериментального модуля для проверочного испытания системы дистанционного манипулятора для японского экспериментального модуля (ЯЭМ) международной космической станции "Альфа" (МКСА). Пользуясь этой возможностью, Лаборатория частей и материалов НАСДА планирует провести эксперимент по изучению воздействия космической среды на материалы (ESEM). Система ESEM состоит из сборников пыли или космического мусора (СП) и держателей образцов материалов (ДОМ) для оценки действия атомарного кислорода в космическом пространстве. Они будут установлены

в верхней части экспериментального блока JFD в грузовом отсеке МТКК ("Шаттл") и в течение 40 часов будут подвергаться воздействию космической среды в направлении полета МТКК "Шаттл". Эту программу намечено осуществить в апреле 1997 года.

II. МЕРЫ ПО ОСЛАБЛЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Среди различных видов орбитальных объектов наиболее многочисленными являются частицы мусора, образовавшиеся в результате разрушений вследствие взрывов верхних ступеней ракет, преднамеренной ликвидации КА и вследствие других неизвестных факторов. Природа этих факторов пока недостаточно ясна, однако, по-видимому, одной из причин взрывов являются столкновения на гиперзвуковых скоростях. Во избежание случайного образования в больших количествах космического мусора НАСДА применяет систему слива остатков ракетного топлива (ЖК, ЖВ, N_2H_4) и остатков газообразного гелия из второй ступени РН Н-I/Н-II. Принимаются меры к тому, чтобы не допускать сброс механических узлов при отделении спутников или разворачивании опоры солнечных батарей, за исключением некоторых случаев, например, при отделении отработанного апогейного двигателя геостационарного метеорологического спутника. Для предотвращения непреднамеренного разрушения в космосе второй ступени РН Н-II система ликвидации по команде отключается сразу же после вывода на орбиту, и ее пиротехническое устройство покрывается теплоизоляцией, чтобы не допустить его спонтанного включения.

Число объектов на геостационарной переходной орбите (ГПО) постоянно растет, что является опасным для будущей космической деятельности, учитывая их значительную продолжительность существования на орбите. В настоящее время принимаются меры к тому, чтобы сократить срок существования на орбите второй ступени РН Н-II⁸. Так, вторая ступень (1994-056B) РН Н-II, второй запуск которой был произведен 28 августа 1994 года, была переведена с ГПО ETS-VI с апогеем 36 346 км и перигеем 251 км на ГПО с апогеем 32 298 км и перигеем 150 км за счет работы двигателя в холостом режиме и полного израсходования остатков топлива. В ходе наблюдений было установлено, что вторая ступень к 31 марта 1995 года распалась по меньшей мере на шесть новых объектов, которые к настоящему времени уже сошли с орбиты⁹. Кроме того, с 1985 года НАСДА переводит геостационарные спутники после окончания их срока службы (ОСС) по крайней мере на 150 км, а в перспективе на 300 км выше.

По просьбе НАСДА в сентябре 1993 года ЯОАК образовало комитет по проектно-конструкторским стандартам обеспечения защиты от космического мусора. Его основная задача состоит в обсуждении исходных технических вопросов и разработке проекта документа "Проектно-конструкторские стандарты НАСДА по ослаблению воздействия орбитального мусора", которые планируется ввести, предположительно, в 1997 году. В состав этого комитета входят представители Национальной аэрокосмической лаборатории (НАЛ), ИСАС, НАСДА, университетов и крупных компаний, связанных с космическими разработками. Ведется широкая исследовательская работа для подготовки технико-экономического обоснования мер по ослаблению воздействия космического мусора с уделением особого внимания следующим вопросам:

- пассивация космических аппаратов и верхних ступеней ракет;
- спуск с ГПО верхних ступеней ракет;
- спуск с орбиты геостационарных спутников после ОСС; и
- другие реальные важные меры, такие, как предупреждение образования мусора в результате космической деятельности.

В марте 1995 года был опубликован доклад о деятельности в 1994 финансовом году¹⁰.

III. ЗАЩИТА ОТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Для ЯЭМ НАСДА проводит исследования в области систем защиты от космического мусора. Получены данные более 100 ударных испытаний с помощью двухступенчатой водородной пушки при скорости соударения до 5 км/с. Эксперименты по изучению соударений на гиперзвуковых скоростях

имеют важное значение не только для проектирования систем защиты космических станций, но и для развития фундаментальной науки, изучающей такие соударения, а также для понимания механизмов создания и рассеивания космического мусора. Основное исследование столкновений на гиперзвуковых скоростях проводилось в НАЛ в сотрудничестве с другими организациями. Ударные испытания проводились в различных диапазонах скорости: с одноступенчатой пороховой пушкой в Киотском университете - при скорости примерно 2 км/с, с двухступенчатой гелиевой пушкой в Тохокском университете - 4 км/с и с рельсовой электромагнитной пушкой в ИСАС - примерно 7 км/с. Образцом для ударных испытаний служили три пластины из алюминиевого сплава толщиной 3,5 мм, расположенные с интервалом приблизительно 60 мм. После эксперимента было отмечено, что все три пластины были легко пробиты и что пробоина в последней пластине была по размеру больше, чем в передней пластине. Это свидетельствует о том, что две защитные пластины, расположенные перед основной пластиной, не обеспечивают защиты против удара частицы массой 14 г при скорости соударения 2 км/с. В целях изучения явлений столкновений на гиперзвуковых скоростях в диапазоне до 15 км/с НАЛ совместно с "Мицубиси хэви индастрис Лтд." проводила исследование по системе пуска с кумулятивным зарядом, которая способна разгонять алюминиевые снаряды массой несколько граммов до скорости свыше 10 км/с. Планируется провести также серию экспериментов со взрывами для моделирования разрушения верхней ступени ракет.

IV. ВЫВОДЫ

Для обеспечения устойчивого развития и расширения масштабов космической деятельности обязательным условием является сохранение космической среды. К настоящему времени внесены различные научно-технические предложения, которые в большей или меньшей степени потребуют дополнительных расходов и сокращения возможностей космических систем. В этой связи необходимо определить приемлемые с точки зрения технической и экономической эффективности меры. Неясность подхода к решению важнейших проблем космического мусора объясняется отсутствием точных знаний о среде космического мусора. Для изучения состава космического мусора, накопления точных данных, необходимых для проверки различных теорий и предложений, а также для оценки различных мер и соответствующих потерь требуется объединить усилия Японии и других государств и организаций, участвующих в освоении космоса.

Примечания

¹M. Nagatomo, H. Matsuo and K. Uesugi, "Some considerations on utilization control of the near Earth space in future", Proc. 9th ISTS, Tokyo, pp. 257-263 (1971).

²S. Toda and T. Yasakka, "Space debris studies in Japan", Adv. Space Res., 13, 8, pp. 289-298 (1993)

³Toward Creation of Space Age in the New Century (Report on Japan's Space Long-Term Vision) by Special Committee on Long-Term Vision, Space Activities Commission (July 1994).

⁴G.D. Badhwar and P.D. Anz-Meador, "Determination of the area and mass distribution of orbital debris fragments", Earth, Moon, and Planets, 45, 29-51 (1989).

⁵T. Sato, H. Kayama, A. Furusawa and I. Kimura, "MU radar measurements of orbital debris", J. Spacecraft, 28, 677-682 (1991).

⁶T. Sato, T. Wakayama, T. Tanaka, K. Ikeda and I. Kimura, "Shape of space debris as estimated from RCS variations", J. Spacecraft, 31, 665-670 (1994).

⁷D. Mehrholz, "Radar tracking and observation of noncooperative space objects by reentry of Salyut-7/Kosmos-1686", Proc. Internat. Workshop on Salyut-7/Kosmos-1686 Reentry, No. ESA SP-345, pp. 1-8 (1991).

⁸T. Ujino, I. Yamazaki, T. Nakagawa and K. Mori, "Debris prevention plans of the H-II rocket", Proc. 44th IAF, IAF-93-V.5.633, Graz, Austria (Oct. 1993).

⁹N. Johnson, private communication (April 1995).

¹⁰Report on the Study for Establishment of the Orbital Debris Mitigation Design Standards, Japan Society for Aeronautical and Space Sciences (May 1995).

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

[Подлинный текст на английском языке]

В марте и ноябре 1995 года Британский национальный космический центр (БНКЦ) вместе с национальными космическими агентствами Франции (КНЕС), Германии (ДАРА) и Италии (АСИ), а также с Европейским космическим агентством (ЕКА) продолжил обсуждение вопросов, касающихся согласования деятельности по проблеме космического мусора. На этих совещаниях обсуждались темы, касающиеся технических задач, эксплуатационных требований, результатов завершившихся или проводимых научных исследований, выбора будущих исследований, координации мероприятий и определения общей политики в отношении ослабления проблемы космического мусора. БНКЦ координировал мероприятия по сбору и обработке информации, касающейся деятельности и возможностей (программные средства и оборудование) промышленных предприятий, академических институтов и правительственных научно-исследовательских центров в Соединенном Королевстве. Эта информация была передана ЕКА для сопоставления с аналогичной информацией других государств-членов. ЕКА опубликует доклад, в котором в краткой форме будет обобщена эта информация, и предоставит его как государствам-членам, так и государствам, не являющимся членами ЕКА. Благодаря этим международным координационным совещаниям ЕКА, которое в настоящее время представляет государства-члены в Межучрежденческом координационном комитете по орбитальному мусору (МККМ), получило возможность распространить информацию, сообщенную на совещаниях МККМ, последнее из которых было проведено в Хьюстоне, Техас, в марте 1995 года.

Третье совещание Координационной группы Соединенного Королевства по проблеме орбитального мусора было проведено в Саутгемптонском университете, графство Гэмпшир, Англия, в пятницу, 7 апреля 1995 года. В его работе приняли участие представители БНКЦ, Саутгемптонского университета, Лондонского университета, Кентского университета, СИРА, Управления оборонных исследований и компании "Эдванст Системс Архитекчес". На этом совещании обсуждались темы, касающиеся моделирования краткосрочного и долгосрочного риска столкновения с космическим мусором, обнаружения частиц космического мусора с помощью наземных оптических и радиолокационных систем, измерения микрочастиц космического мусора на основе анализа возвращенных на Землю поверхностей, а также международных инициатив, касающихся проблемы космического мусора. Это совещание вновь собрало множество участников и дало возможность продолжить распространение информации о международных программах, осуществляемых в рамках ЕКА и МККМ.

В 1995 году научно-исследовательские группы в Соединенном Королевстве подготовили ряд технических документов. В информационно-справочном разделе настоящего доклада перечисляются некоторые из опубликованных документов.

Секция космических наук Кентского университета (ЮНИСПЕЙС) по-прежнему занимает ведущее место в Европе в области анализа поверхностей космических аппаратов, возвращенных с орбиты на Землю. Благодаря возвращению европейского возвращаемого орбитального модуля ЭВРИКА и одной из солнечных батарей космического телескопа Хаббла (КТХ)¹ имеется значительная площадь поверхности, подвергавшейся воздействию космической среды, на которой можно исследовать места ударов. На основе подсчетов, измерений и химического анализа остаточного содержания в местах соударений, а также используя эмпирические формулы столкновений, описывающие связь характеристик материалов соударяющихся объектов и поверхностей космических аппаратов, скорости и частоты соударений между ними с характеристиками столкновений, стало возможным сделать выводы относительно встречаемых микрочастиц космического мусора². Это даст возможность инженерам оценить существующие модели среды метеоритов и космического мусора и проверить достоверность прогнозирования повреждений элементов различных подсистем. Такие анализы требуют также проведения некоторых калибровочных ударных испытаний для исследования реакции материалов с уникальной структурой на соударения на гиперзвуковых скоростях. Наибольшей поверхностью у

возвращенного на Землю орбитального модуля ЭВРИКА³, которая подвергалась воздействию космической среды, были панели солнечной батареи площадью 99 м². Были получены изображения с высоким и низким разрешением более 3 000 мест соударений на панели (размером менее 50 микрон). На каждой панели насчитывалось более 1 000 видимых невооруженным глазом мест ударов. При анализе КТХ основное внимание было уделено поверхности панели площадью 20 м² и местам соударений размером более 1,2 мм. Были зафиксированы в общей сложности 704 крупные отметины. В каждом случае были определены место, размеры, морфологические характеристики и направление удара. Все полученные изображения были преобразованы в цифровую форму и записаны на компакт-дисках, которые через ЕКА могут быть получены для дальнейшего анализа. Поток микромусора, с которым сталкивался КТХ⁴, в 2-8 раз превышал поток микромусора, с которым сталкивался орбитальный модуль ЭВРИКА⁵. Как было отмечено, это свидетельствует о сильном влиянии степени плотности атмосферы, которая уменьшается с увеличением высоты и которая определяет продолжительность существования на орбите частиц космического мусора. Такого рода воздействие⁶ исследовали также сотрудники ЮНИСПЕЙС, которые пришли к выводу, что на высоте орбит КТХ и ЭВРИКИ должно быть большее количество частиц с высоким эксцентриситетом орбиты, чем прогнозировалось на основе моделирования, чтобы объяснить плотность встретившихся потоков. Интересно отметить, что во многих из этих моделей в качестве основы для определения количества космического мусора используются данные о наблюдаемом крупноразмерном мусоре. Сотрудники ЮНИСПЕЙС выявили также дискретные различия в направлениях соударений и размерах частиц⁷, что позволяет отличить космический мусор искусственного происхождения от природных метеоритов. Благодаря установке на платформе "Эврика" экспериментальной камеры для хронометрированного захвата частиц (TISCSE)⁸ появилась возможность захватывать неповрежденными микрочастицы с помощью таких материалов, как аэрогель⁹. Можно будет провести химический анализ частиц, захваченных этим экспериментальным оборудованием¹⁰, и по направлению ударов определить отдельные группы частиц космического мусора и метеоритов. Продолжается сопоставление данных о встречающихся потоках частиц с данными расчетных моделей среды, таких, как ESABASE.

На факультетах еще двух университетов совместно с промышленными предприятиями активно проводятся исследования по оценке краткосрочного и долгосрочного риска столкновения космических аппаратов с мусором.

Первая исследовательская группа в Саутгемптонском университете в Гэмпшире, укрепляя свой авторитет в качестве центра передового опыта в области астродинамических исследований, ведет поиск новых эффективных методов для оценки возможного риска столкновений для спутниковых систем вследствие разрушения. В ряде исследований изучался риск повреждения полезной нагрузки при разрушении ракеты-носителя¹¹ и риск столкновения для системы нескольких спутников вследствие разрушения одного из спутниковых элементов¹², а также проводилось сопоставление методов моделирования, применяемых в Европе и Соединенных Штатах Америки¹³.

Вторая исследовательская группа работает в Куин Мэри энд Вестфилд колледже Лондонского университета. Основное внимание в деятельности этой группы уделяется долгосрочному прогнозированию количества космического мусора на основе применения метода прямого моделирования Монте-Карло для определения эволюции окружающей среды. Используя методы, разработанные применительно к динамике столкновений в разреженной газовой среде, эта группа сумела смоделировать вызываемые столкновением распады в среде космических объектов. Эта модель будет использоваться для всестороннего исследования явления каскадирования столкновений¹⁴.

В деятельности по обнаружению и мониторингу космического мусора с помощью наземных оптических телескопов участвуют две группы. Ассоциация разработчиков научной аппаратуры (СИРА) на основе опыта оказания помощи ЕКА в проведении предыдущих технико-экономических исследований оказывает содействие пуску в эксплуатацию телескопа ЕКА диаметром 1 м. В соответствии с контрактом ЕКА 10623/93/D СИРА предоставляет основному подрядчику - Институту астрономии Бернского университета, Швейцария - консультации и рекомендации относительно алгоритмов для обнаружения и анализа космического мусора с помощью матриц ПЗС. Вторая группа - Гринвичская астрономическая обсерватория - содействует подготовке документов, касающихся возможности и точности обнаружения на орбите объектов с помощью оптических телескопов¹⁵. В ходе этих исследований была выявлена значительная избирательность действия аппаратуры, проявляемая в

меньшей вероятности обнаружения объектов на орбитах с эксцентриситетом, чем объектов на круговых орбитах.

Управление оборонных исследований в Фарнборо выполняет функции технического консультативного центра для всех исследовательских групп в Соединенном Королевстве и поддерживает БНКЦ в ЮНКОПУОС. Оно первым обратило особое внимание на возможность возникновения проблем, связанных с распределенными космическими системами, например системами из нескольких взаимосвязанных спутников, на дискретных высотах. В документе¹⁶, который был подготовлен совместно с Саутгемптонским университетом, применительно к прогнозируемым запускам к концу столетия крупногабаритных взаимосвязанных систем указывается на значительный риск столкновений с космическим мусором как для самих взаимосвязанных систем, так и для находящихся поблизости других космических аппаратов. В настоящее время рамки этого исследования расширяются, с тем чтобы в системе программного обеспечения, именуемого "Комплексный набор программ по эволюции космического мусора (ИДЕС)", учесть явления второго порядка (каскадирование). Этот пакет программ можно использовать также для исследования эффективности мер по ослаблению воздействия космического мусора.

Перечисленные исследования свидетельствуют о широком участии и во многих случаях об уникальных возможностях Соединенного Королевства в различных мероприятиях, направленных на определение орбитальной среды, на оценку риска для полетов космических аппаратов и на разработку стратегий ослабления остроты проблемы космического мусора.

Техническая задача	Деятельность	Организация
Определение среды	Анализ возвращенных на Землю поверхностей	Кентский университет
Определение среды	Оптическое обнаружение	СИРА, Гринвичская астрономическая обсерватория
Определение среды	Моделирование совокупности космических объектов	Управление оборонных исследований, Лондонский университет
Оценка риска	Краткосрочное моделирование	Саутгемптонский университет
Оценка риска	Долгосрочное моделирование	Управление оборонных исследований
Политика ослабления воздействия	Оценка	Управление оборонных исследований

Примечания

¹G.Drolshagen, J.A.M. McDonnell, T. Stevenson, R. Aceti and L.Gerlach, "Post-flight measurements of meteoroid/debris impact features on Eureka and the Hubble Solar Array", Adv. Space Res., Vol.16, No. 11, pp. 85-89, 1995.

²W.G. Tanner Jr., J.A.M. McDonnell, H. Yano, H.J. Fitzgerald and D.J. Gardner, "Meteoroids and space debris hypervelocity impact penetrations in LDEF MAP foils compared with hydrocode simulations", submitted to Adv. Space Res. 95.

³J.A.M. McDonnell, G. Drolshagen, D.J. Gardner, R. Aceti and I. Collier, "EuReCa's exposure in the near-Earth space environment: hypervelocity impact cratering at a time of space debris growth", Adv. Space Res., Vol. 16, No. 11, pp. 73-83, 1995.

⁴G.Drolshagen, W.C. Carey, J.A.M. McDonnell, T. Stevenson and J-C. Mandeville, "Impact damage to a solar array caused by debris and meteoroids", Preparing for Future, Vol.5, No.2, ESA publication, June 1995.

⁵R.Aceti, G.Drolshagen and J.A.M. McDonnell, "Micrometeoroids and space debris: the EuReCa post-flight analysis" ESA Bulletin, No. 80, pp. 21-26, November 1994.

⁶J.A.M. McDonnell, P.R. Ratcliff and I. Collier, "Atmospheric drag modelling for orbital micro-debris at LEO altitudes", Adv. Space Res., Vol. 17, No. 12, pp. 183-188, 1996.

⁷J.A.M. McDonnell, "Eureca's hypervelocity impact score: microcrater flux decreases but the large crater flux increases in specific directions", Lunar and Planetary Science Conference, 1994, Abstracts Volume, p. 867.

⁸H. Yano, I.Collier, N. Shrine and J.A.M. McDonnell, "Microscopic and chemical analyses of major impact sites of timeband capture cell experiment of the Eureca spacecraft", submitted to Adv. Space Res. 95.

⁹M.J. Burchell and R. Thomson, "Intact hypervelocity particle capture in aerogel in the laboratory", presented at American Physical Society Topical Congerence on Shock Compression of Condensed Matter, Seattle, August 1995.

¹⁰D.J. Gardner, I. Collier, N.R.G. Shrine, A.D. Griffiths and J.A.M. McDonnell, "Micro-particle impact flux on the timeband capture cell experiment of the EuReCa spacecraft", Adv. Space Res., Vol. 17, No. 12, pp. 193-199, 1996.

¹¹S.P.Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "Debris-cloud collision risk analysis: polar platform case study", Journal of Spacecraft and Rockets, vol. 33, No. 5, 1996.

¹²S.P.Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "The cascade fragmentation of a satellite constellation". Adv. Spacecraft and Rockets, Vol. 32, No. 5, 1995.

¹³S.P.Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "Cloud debris-collision risk analysis", Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 32, No. 5, 1995.

¹⁴L. Wang, J.P.W. Stark and R. Crowther, "Direct Monte-Carlo simulation of collision frequency of otbital debris", IAA paper, IAA-95-IAA.6.4.02, 46th Astronautical Congress, Oslo.

¹⁵R. Crowther, R. Walker, J.S.B. Dick, S.F. Green and J. Marchant, "Detectability of satellite fragmentations in highly eccentric orbits", Adv. Space Res., Vol. 16, No. 11, pp. 123-126.

¹⁶R. Crowther, P.H. Stokes, R. Walker, S.P. Barrows and G.G. Swinerd, "Characterisation of the potential impact of space systems on the orbital debris environment: satellite constellations", paper presented at Aerosense, Florida, April 1995.