



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/680
1 December 1997

RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH/
FRENCH/SPANISH

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

	Пункты	Страница
ВВЕДЕНИЕ	1—4	2
ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ		3
Канада		3
Чили		3
Франция		3
Индонезия		3
Япония		7
Швеция		11
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии		11
ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ		19
Ассоциация международного права		19
Международная организация спутниковой связи (ИНТЕЛСАТ)		19
Рисунки		
I. Схема создания Индонезийской системы наблюдения за орбитальным мусором		4
II. Распределение отраженных сигналов в вертикальной и горизонтальной плоскостях		6
III. Число отраженных сигналов от метеоров в единицу времени		6

ВВЕДЕНИЕ

1. В пункте 32 своей резолюции 51/123 от 13 декабря 1996 года Генеральная Ассамблея отметила, что государствам-членам крайне необходимо уделять больше внимания проблеме столкновений космических объектов, в том числе с ядерными источниками энергии, космическим мусором и другим аспектам проблемы космического мусора, и призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу, разрабатывать усовершенствованные технологии наблюдения за космическим мусором и собирать и распространять данные о космическом мусоре. Ассамблея выразила мнение, что, по мере возможности, информацию по этому вопросу следует представлять Научно-техническому подкомитету Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.
2. В пункте 22 той же резолюции Генеральная Ассамблея предложила государствам-членам представлять Генеральному секретарю на регулярной основе доклады о национальных и международных исследованиях, касающихся безопасного использования космических объектов с ядерными источниками энергии на борту.
3. В своей вербальной ноте от 7 августа 1997 года Генеральный секретарь предложил всем государствам-членам направить Секретариату к 30 сентября 1997 года упомянутую выше информацию, с тем чтобы Секретариат смог подготовить доклад, содержащий эту информацию, для представления Подкомитету на его тридцать четвертой сессии.
4. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от государств-членов и международных организаций по состоянию на 30 ноября 1997 года. Информация, поступившая после этой даты, войдет в соответствующие добавления к настоящему документу.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ*

Канада

[Подлинный текст на английском языке]

В отношении проблем, касающихся ядерных источников энергии и космического мусора, правительство Канады ссылается на информацию, представленную в прошлом году и содержащуюся в документе A/AC.105/659.

Чили

[Подлинный текст на испанском языке]

Чили не имеет космических аппаратов, которые используют ядерные источники энергии, и не собирается использовать такой вид техники в будущем. В этой связи уместно напомнить об опыте, приобретенном в ходе проведения расследования и поисков фрагментов аппарата, а также выявления возможности радиоактивного заражения после падения в Тихий океан русской автоматической межпланетной станции Марс-96.

Что касается минимизации космического мусора, то опыт *Fuerza Aérea de Chile*, связанный с эксплуатацией мини-спутников серии FASat, соответствует практике, принятой компанией "Суррей сателлайт технолоджи лимитед" Соединенного Королевства, а именно:

- Крепить к корпусу либо ракеты-носителя, либо самого спутника все компоненты или детали, которые могут утратить жесткость первоначального крепления в процессе вывода на орбиту, включая остатки компонентов, подлежащих разрушению.
- Использовать материалы, пригодные для космического пространства, в том смысле, что они не получают повреждений под воздействием дегазации или других внешних условий, в результате которых может образоваться мусор, а также обрабатывать внешние поверхности соответствующих материалов.
- Принимать меры, чтобы все крепления к корпусу и все детали спутника в целом были способны вынести механические условия запуска, вывода на орбиту и последующей эксплуатации, а также были способны обеспечить сохранение целостности конструкции.

Франция

[Подлинный текст на французском языке]

Текст французского ответа включен в документ о мерах по ограничению воздействия космического мусора (A/AC.105/681).

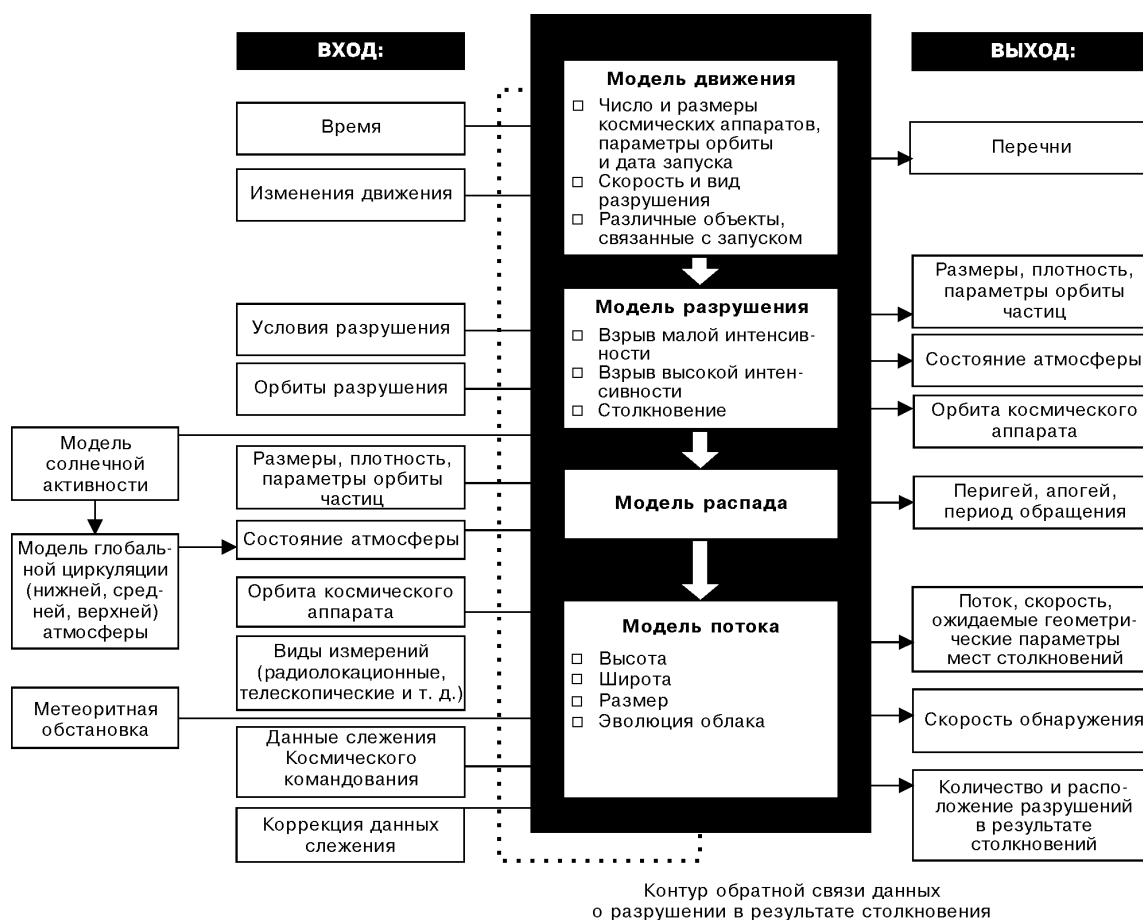
Индонезия

[Подлинный текст на английском языке]

Правительство Республики Индонезия уделяет большое внимание проблеме космического мусора и связанным с ней вопросам. В плане решения этой проблемы Индонезия в настоящее время разрабатывает Индонезийскую систему наблюдения за орбитальным мусором (IODMS), которая включает четыре основные модели: модель движения (TM), модель разрушения (BM), модель распада (DM) и

модель потока (FM). Система IODMS предназначена для обеспечения наблюдения за космическим мусором искусственного происхождения, но она также учитывает информацию о естественном космическом мусоре (рис. I).

Рисунок I. Схема создания Индонезийской системы наблюдения за орбитальным мусором



Индонезийская система наблюдения за орбитальным мусором в настоящее время находится на этапе разработки. Полученные в результате работы системы четыре комплекта данных послужат основным исходным материалом для разработки программ мероприятий по снижению воздействия космического мусора, а также национальной политики в области космических исследований, включая вопросы воздействия космического мусора.

Наличие орбитального мусора неизбежно создает серьезную экологическую проблему, и для понимания этой новой среды потребуются разработка моделей и проведение измерений. Эти разрабатываемые модели и методики изменений во многом сходны с моделями и методиками, используемыми для описания межпланетной метеоритной среды. Исследователи как метеоритных явлений, так и космического мусора, обмениваясь данными и методиками моделирования, могут получить и уже получают большую пользу.

Система IODMS будет выдавать следующую информацию по орбитальному мусору:

- Список движущихся объектов
- Размеры фрагментов, их плотность, параметры орбиты
- Состояние атмосферы
- Параметры орбит космических аппаратов
- Апогей, перигей и период обращения
- Мощность потока, скорость и ожидаемые формы воздействия
- Скорость обнаружения
- Число и расположение мест соударения.

На основе упомянутой выше информации могут быть разработаны программы действия (как по предотвращению, так по ослаблению воздействия) по космическому мусору и связанным с ним аспектам.

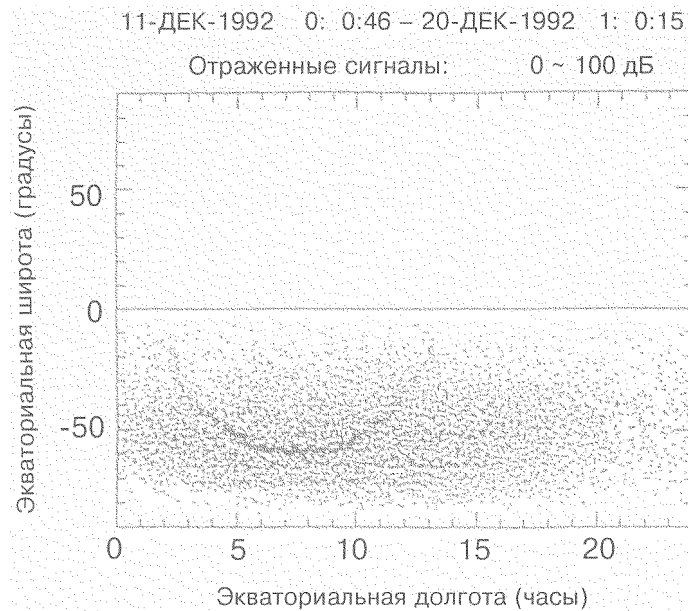
Этап разработки, на котором находится система IODMS, пока еще представляет собой исходную концепцию, реализация которой обеспечивается некоторыми ограниченными средствами программирования, техникой и людскими ресурсами. Конкретно, эти средства, помимо прочего, включают: модель солнечной активности, модель глобальной циркуляции атмосферы, модель метеоритной обстановки, измерительное оборудование (в частности, радиолокатор для контроля за метеорным ветром, среднечастотный радиолокатор, радиолокатор контроля за профилем ветра, радиолокатор контроля пограничного слоя и оптические телескопы); над этой системой работает также ряд ученых, имеющих опыт в разработке моделей. Данные, получаемые от упомянутых выше моделей, в сочетании с данными, полученными в ходе наблюдений с использованием приборного оборудования, будут затем вводиться в систему IODMS. Индонезийские специалисты создадут необходимые модели либо путем интегрирования в них существующей техники, либо создав свою технику. В настоящее время Индонезия обладает необходимыми знаниями и опытом для разработки модели потока (FM), модели распада (DM) и модели движения (TM), но пока еще имеет ограниченные возможности в разработке модели разрушения (BM), особенно в плане анализа интенсивности взрывов как высокой, так и низкой интенсивности.

Использование моделей позволило спрогнозировать, что интенсивность орбитального мусора может превысить интенсивность метеоритных потоков на ряде участков низкой околоземной орбиты. Наблюдения подтвердили этот прогноз и показали, что характер воздействия орбитального мусора зависит от направления его движения и размеров составляющих его элементов. Наблюдения позволяют также выявить источники мусора, которые не были учтены в прогнозе.

На основе проведенных в Индонезии наблюдений были выявлены признаки того, что с 11 по 20 декабря 1992 года над Южным полушарием в районе Индонезии прошли "дожди из космического мусора" (рисунок II). Эти признаки были также выявлены в 1992 и 1993 годах в ходе измерения ряда сигналов, отраженных от метеоров (рисунок III). Ряд обнаруженных пиковых выбросов не связывается с какими бы то ни было известными метеорными ливнями. Наиболее предпочтительным объяснением характера этих пиковых выбросов, основанных на распределении отраженных сигналов по широте и долготе (рисунки II и III), является то, что они представляют собой космический мусор искусственного происхождения. К сожалению, информация по запускам в эти периоды отсутствует. Для подтверждения сделанного вывода нужны дальнейшие исследования с применением системы орбитального наблюдения.

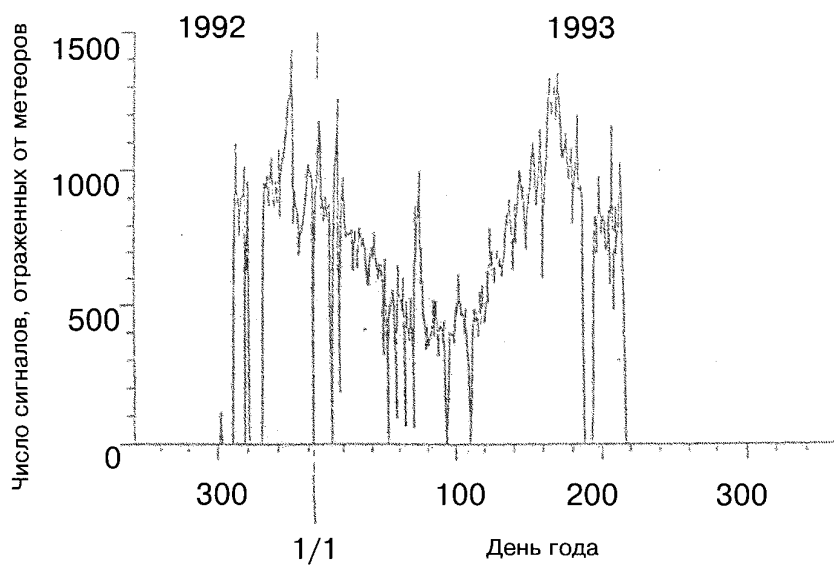
Для того чтобы глубже понять и иметь возможность контролировать в будущем рост объема космического мусора, необходимо постоянно расширять масштабы программы измерений. С целью разработки приведенной выше схемы системы (IODMS) правительство Республики Индонезия приглашает к сотрудничеству и/или обмену данными и информацией, необходимой для предупреждения образования орбитального мусора, а также для уменьшения его отрицательного воздействия.

Рисунок II. Распределение отраженных сигналов в вертикальной и горизонтальной плоскостях



Распределения отраженных сигналов, обозначенных двумя прямыми линиями на широте -65° и -70° , по всей видимости, образованы космическим мусором искусственного происхождения.

Рисунок III. Число отраженных сигналов от метеоров в единицу времени



Число отраженных сигналов от метеоров в единицу времени, зафиксированное с помощью радиолокатора контроля за метеорным ветром, в Серпонге, Индонезия. Число выявленных пиковых выбросов не связано с какими бы то ни было известными метеорными ливнями.

Япония

[Подлинный текст на английском языке]

А. Введение

Комиссия по космической деятельности Японии (ККД) изложила политику страны по проблеме космического мусора в докладе о долгосрочной концепции в области освоения космического пространства, опубликованном в июле 1994 года, следующим образом: "Япония будет стремиться разрабатывать такие системы, которые будут оставлять в космосе как можно меньше мусора"¹. На основе этой политики ККД пересмотрела основополагающую политику Японии в области космической деятельности 24 января 1996 года². В этом документе содержится первое политическое заявление Японии по вопросу о сохранении космической среды.

Национальное агентство по освоению космического пространства Японии (НАСДА) начало осознавать опасность столкновения космических аппаратов с космическим мусором и изучать эту проблему с 1985 года. Наиболее всесторонние исследования были проведены в период с 1991 по 1993 год во взаимодействии с Японским обществом по аэронавтике и космическим наукам (ЯОАКН).

Систематические и планомерные действия в этой области ведутся с 1990 года, когда ЯОАКН создало исследовательскую группу по проблемам космического мусора³. Эта исследовательская группа, в состав которой входило более 30 представителей организаций и промышленных корпораций, связанных с космической деятельностью, выпустила в январе 1992 года промежуточный отчет, а в марте 1993 года — заключительный доклад. Некоторые рекомендации из этих документов постоянно изучались двумя новыми исследовательскими группами, которые были сформированы ЯОАКН.

Япония (НАЛ, НАСДА, ИСАС и другие организации, имеющие отношение к космической деятельности) также является с 1992 года членом Межучрежденческого координационного комитета по космическому мусору (МККМ) и ведет изучение космического мусора путем обмена информацией и участия в работе МККМ, МАФ, КОСПАР и других международных и национальных конференций.

В настоящем докладе приводится краткий обзор осуществляемой в последнее время в Японии деятельности по измерению, составлению базы данных, уменьшению воздействия и защите от космического мусора.

В. Измерения и обнаружение

1. Послеполетный анализ спутника КЛА

ЯОАКН, Национальная аэрокосмическая лаборатория (НАЛ) и другие организации совместно проводят послеполетный анализ Космического летательного аппарата (КЛА). КЛА представляет собой непилотируемый, ориентируемый по Солнцу спутник многоразового использования со стабилизацией по трем осям. Это — первый спутник такого рода, созданный в Японии. Он представляет собой восьмигранник — диаметром 4,46 метра, высотой 3 метра и весом около 4 тонн. КЛА был выведен на орбиту во время третьего запуска ракеты-носителя Н-II 18 марта 1995 года и возвращен на Землю "Шаттлом STS-72" 13 января 1996 года. Он находился на круговой орбите высотой 500 км под углом наклона 28,5 градусов. Предварительные результаты анализа воздействия на спутник космического мусора могут быть суммированы следующим образом^{4,5}:

Методом визуального наблюдения удалось установить 337 соударений диаметром более 200 мкм.

- 180 соударений диаметром более 200 мкм были обнаружены на некоторых поверхностях с помощью наблюдений с высокой разрешающей способностью.
- Самое крупное соударение имело место на многослойной изоляции (МСИ) инфракрасного телескопа с размерами отверстия 4,5 мм в диаметре.

НАЛ продолжает проводить подробный анализ, и все данные будут представлены общественности и сданы в архив в соответствии с правилами МККМ. Доступ к базе данных НАЛ может быть получен через узел Web (<http://www.nal.go.jp>); эти данные постоянно обновляются.

2. Оценка воздействия космической среды на материалы с помощью MFD (ESEM)

В августе 1997 года в ходе полета космического корабля "Шаттл STS-85" было проведено испытание в полете первого японского манипулятора японского экспериментального модуля (ЯЭМ), известное как демонстрационный полет манипулятора (MFD). НАСДА провело эксперимент ESEM с MFD во взаимодействии с Научно-исследовательским центром НАСА в Лэнгли. Сборник космической пыли, установленный в верхней части экспериментального аппарата MFD в грузовом отсеке МТКК "Шаттл", находился под воздействием космической среды в направлении полета корабля "Шаттл" около 50 часов. В настоящее время проводится послеполетный анализ.

3. Исследование системы для установки на спутнике наблюдения за мусором на орбите

С сентября 1996 года ЯОАКН совместно с НАСДА изучало систему оптического измерения для установки на спутнике наблюдения за космическим мусором на орбите. Цель этого исследования — определить требования к небольшой спутниковой системе определения параметров орбит малых фрагментов космического мусора вблизи геостационарной орбиты. Отчет о проведенном исследовании включает следующее⁷:

- Расчет орбиты для спутника наблюдения за космическим мусором
- Метод повышения точности наблюдений
- Детальное проектирование оптического оборудования для наблюдений
- Определение спецификаций модели — макета (ВВМ) бортовой системы обработки данных
- Определение спецификаций модели — макета (ВВМ) наземной системы обработки данных
- Определение спецификаций модели — макета (ВВМ) спутника наблюдения.

С. Моделирование и база данных

НАСДА предприняло шаги с целью разработки системы базы данных о космическом мусоре, которая получила название Экспериментальная система анализа параметра орбит космического мусора (DOANATS). Эта система состоит из двух подсистем. Первая — подсистема базы данных, которая собирает данные об орбитах космических объектов, и вторая — подсистема, которая анализирует эти данные об орбитах.

Подсистема базы данных получает информацию об орбитах из данных двухлинейного элементного узла Системы дистанционных электронных информационных табло Центра космических полетов имени Годдарда США. Время возвращения каждого объекта в атмосферу вычисляется подсистемой орбитального анализа и регистрируется в подсистеме базы данных.

Подсистема орбитального анализа рассчитана на следующие четыре функции, позволяющие определить опасность каждого фрагмента космического мусора.

- Функция прогноза параметров возвращения в атмосферу, предназначенная для вычисления времени возвращения каждого фрагмента космического мусора в атмосферу Земли

- Функция анализа столкновения, предназначенная для определения тех фрагментов космического мусора, которые обладают высоким риском столкновения с определенными космическими системами
- Имитатор пространственного распространения космического мусора, предназначенный для моделирования поведения на орбите фрагментов, которые создаются в результате взрыва или столкновения объектов в космосе
- Функция анализа орбит, предназначенная для обеспечения необходимых средств эффективного анализа орбитальных данных исследователям космического мусора.

D. Защита от космического мусора

НАСДА провело серию испытаний на соударение фрагментов космического мусора с использованием двухступенчатой водородной газовой пушки в связи с проектированием противоударного устройства ЯЭМ и усиленного углеродным волокном пластикового рукава механической руки системы дистанционного манипулятора ЯЭМ⁸.

НАЛ в сотрудничестве с "Мицубиси хэви индастрис" (МХИ) и "Чугоку кемикалс" провела испытания кумулятивных зарядов. Заряд длиной 14,7 см имеет в диаметре 7,0 см. Внутренний канал заряда имеет угол 30 градусов. Толщина вкладыша из алюминия 2,1 мм. В результате интенсивных параметрических исследований в помощь методов ингибитора и реактивных пластин был отобран медный ингибитор с диаметром отверстия 15 мм. За счет использования ингибитора была получена цельная цилиндрическая струя, не создающая выхлопа. Масса концевой струи приблизительно 1,9 г, а полученная скорость составляет около 10,6 км в секунду⁹. Сравнительный анализ числовых расчетов и экспериментальных данных был доложен на Второй европейской конференции по космическому мусору¹⁰. НАЛ и МХИ планируют усовершенствовать кумулятивный заряд для испытаний ЯЭМ на соударения с космическим мусором.

E. Смягчение воздействия космического мусора

I. Стандарт

НАСДА начало исследование с целью установления стандарта на ограничение образования космического мусора в 1993 году. Исследование проводилось при координации с проектом изучения орбитального мусора в Космическом центре НАСА имени Джонсона и имело целью определить руководящие принципы и установить критерии, использование которых сделало бы программы НАСА совместимыми с этими руководящими принципами.

Проект стандарта НАСДА на ограничение образования космического мусора неоднократно докладывался МККМ с целью координации с другими организациями, и этот проект рассматривался также ЯОАКИ¹¹ и НАСДА. В конце концов НАСДА 28 марта 1996 года ввело в действие "Стандарт НАСДА на ограничение образования космического мусора" (НАСДА-STD-18)¹². Стандарт НАСДА в подробном изложении был представлен на тридцать четвертой сессии Научно-технического подкомитета Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях¹³. До введения в действие этого Стандарта, разработанного в Японии, НАСА ввело Стандарт НАСА по безопасности 1740.14 "Руководящие принципы и процедуры оценки с целью ограничения образования космического мусора". На 20-м Международном симпозиуме по космической науке и технике, состоявшемся в Гифу, Япония, 19—20 мая 1996 года¹³, было проведено сравнение стандартов НАСА и НАСДА, которое показало, что эти два стандарта имели в своей основе те же фундаментальные принципы, хотя стандарт НАСА имел научную ориентацию, а стандарт НАСДА в большей степени имел инженерно-техническую ориентацию.

"Стандарт НАСДА на ограничение образования космического мусора" требует принятия мер по ограничению образования орбитального мусора в период запуска, эксплуатации на орбите и после завершения операций космических аппаратов.

Стандарт основан на следующих концептуальных принципах:

- Наиболее серьезной причиной ухудшения качества окружающей среды в районе орбиты является разрушение космических объектов на орбите, вызванное столкновением с крупным объектом, случайным взрывом и умышленным подрывом космического аппарата.
- Сохранение качества окружающей среды в районе геостационарной орбиты (ГСО) особенно важно, поскольку в этом районе невозможна очистка от мусора посредством естественных процессов.
- Сохранение качества окружающей среды в районе низкой околоземной орбиты (НОО) тоже важно, поскольку это пространство используется для различных целей, таких как наблюдение за поверхностью Земли и спутниковая связь.

На основе выдвинутых выше концептуальных принципов Стандарт предусматривает следующие меры по ограничению образованию космического мусора:

- Перевод космических аппаратов и верхних ступеней ракет-носителей в пассивный режим после выполнения ими своих задач.
- Перевод космических аппаратов с геостационарной (ГСО) на другие орбиты после выполнения ими своих задач.
- Перевод космических объектов на геостационарную переходную орбиту (ГПО), чтобы избежать их столкновения с космическими объектами на ГСО.
- Минимизация космического мусора, образующегося в процессе штатной эксплуатации космических аппаратов и космических объектов.
- Увод космических аппаратов с низкой околоземной орбиты (НОО) после выполнения ими своих задач.

2. Соблюдение стандартов и накопленный опыт

До введения в действие Стандарта НАСДА-STD-18 НАСДА тщательно проанализировало состояние разработок космических систем с целью ограничения образования космического мусора.

При проектировании верхних ступеней ракет-носителей Н-I и Н-II были приняты меры к тому, чтобы не создавать космический мусор в процессе их эксплуатации и не допустить разрушений на орбите, вызванных остаточной энергией. Этим ракетам-носителям была придана также функция повторного разгона после отделения от них полезной нагрузки, что помогло избежать их длительного пребывания и создания помех на орбите, используемой многими космическими аппаратами. Спутники, предназначенные для вывода на геостационарную орбиту, также проектировались и эксплуатировались с таким расчетом, чтобы после выполнения ими своих задач они могли выполнить маневр и уйти с этой орбиты в целях сохранения окружающей среды геостационарной орбиты (ГСО).

Е. Заключение

Для защиты космической среды от мусора Япония намерена провести перспективные НИОКР, направленные на создание новых транспортных космических аппаратов, в полной мере пригодных для многократного применения и основанных на новаторской концепции проектирования полученной, в результате разработки усовершенствованной ракеты-носителя Н-II и технологий для космического аппарата НОРЕ-X¹. Нет необходимости говорить о том, что защита космической среды от космического мусора необходима для того, чтобы обеспечить настоящую и будущую деятельность человека в космосе.

Мы должны действовать уже сейчас, пока проблема космического мусора еще поддается решению, а связанные с этим расходы еще относительно невелики.

Примечания

¹ "Toward creation of space age in the new century", Report on Japan's Space Long-Term Vision, Space Activities Commission, July 1994.

² Fundamental Policy of Japan's Space Activities, revised on 24 January 1996.

³ S.Toda, "Some topics of space debris researches in Japan", 34th Session STSC UNCOPUOS, February 1997.

⁴ M. J. Neish and others, "Micrometeoroid and space debris impacts on the space flyer unit and hypervelocity impact calibration of its materials", ESA SP-393, Proc. Second European Conference on Space Debris, May 1997, pp. 177-182.

⁵ M. J. Neish and others, "Hypervelocity impact damage to space flyer unit multi-layer insulation", 7th Symposium of Materials in the Space Environment, 16-20 June 1997, Toulouse, France.

⁶ S. Deshpande and others, "SEU micrometeoroid and space debris impact archive", 7th International Space Conference of Pacific-basin Societies, 15-18 July, Nagasaki, Japan.

⁷ "Report on the detailed study on the precise optical measurement system for on-orbit debris observation system" (на япон. яз.), Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, March 1997.

⁸ K. Shiraki, F. Terada and M. Harada, "JEM Design Progress for the Micro-Meteoroid and Orbital Debris Protection", 96-m-21, 20th ISTS Gifu, Japan, 19-25 May 1996.

⁹ M. Kobayashi and others, "Study of hypervelocity impact testing with shaped charge".

¹⁰ M. Katayama and others, "Numerical study of jet formation by shaped charge and its penetration into bumpered target", ESA SP-393, Proc. Second European Conference on Space Debris, May 1997, pp. 411-416.

¹¹ R. Reynolds, A. Kato, J. Loftus and D. Kessler, "Guidelines and assessment procedures to limit orbital debris generation", 96-m-15V, 20th ISTS Gifu, Japan, 19-25 May 1996.

¹² Space Debris Mitigation Standard (на япон. яз.), NASDA-STD-18, 28 March 1996.

¹³ A. Kato, "NASDA space debris mitigation standard", 34th Session STSC UNCOPUOS, February 1997.

Швеция

[Подлинный текст на английском языке]

Швеция не ведет собственных национальных исследований по проблеме космического мусора, однако оказывает поддержку деятельности, осуществляемой в рамках Организации Объединенных Наций, ЕКА и других организаций. В промышленности (Saab Erickson Space) ведутся исследования в области технического проектирования систем отделения полезных нагрузок с целью предотвращения образования нового космического мусора.

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

[Подлинный текст на английском языке]

Соединенное Королевство играет активную роль в решении проблемы космического мусора. Здесь реализуется всеобъемлющая исследовательская программа, охватывающая все аспекты космического мусора; на страновом уровне Соединенное Королевство в полном объеме участвует в этой деятельности через Координационную группу Соединенного Королевства на европейском уровне — в рамках ЕКА, а на международном уровне — в рамках Межучрежденческой координационной группы по космическому мусору и Комитета по использованию космического пространства в мирных целях. Эти программы координируются Британским национальным космическим центром.

Британский национальный космический центр был одним из организаторов Второй европейской конференции по проблеме космического мусора, состоявшейся в Европейском центре космических операций (ESOC) в марте 1997 года. Соединенное Королевство представило на Конференцию 19 докладов, освещающих все проблемы космического мусора, начиная с измерений космической среды и кончая моделированием и рекомендациями по методу уменьшения воздействия космического мусора, а также по технологиям решения этих задач. Эти доклады включены в материалы Конференции¹, изданные ЕКА.

Исследования и публикации, подготовленные по их результатам организациями Соединенного Королевства, участвующими в исследовании проблем космического мусора, приводятся ниже.

А. Кентский университет

Университет Кента через Секцию космических наук вносит большой вклад во все аспекты исследования проблемы космического мусора. Помимо участия во Второй европейской конференции по проблеме космического мусора эта Секция приняла участие в Симпозиуме по соударениям на гиперзвуковых скоростях, который состоялся в Германии в октябре 1996 года, и в совещании "Евромир", состоявшемся в Париже в январе 1997 года.

На основе своего опыта определения встреченных в космосе сообществ микрочастиц с помощью изучения морфологии соударений на поверхности возвращенных на землю компонентов платформы для изучения длительного внешнего воздействия (LDEF), Секция распространила приобретенные ею знания и навыки на исследования других возвращенных из космоса объектов, в частности, панелей солнечных батарей космического телескопа Хаббла. В то время как в прошлом значительные усилия были сосредоточены на анализе повреждений в результате соударений частиц с фронтальной поверхностью решетки батарей, анализу морфологии соударений с тыльной частью решетки уделялось мало внимания. В ходе анализа было проведено сравнение 215 реальных соударений непосредственно в космическом пространстве с 41 соударением, имитировавшимся в лаборатории. Морфологические характеристики соударений, имевших место непосредственно в космическом пространстве, были воспроизведены в ходе лабораторных экспериментов, позволивших вывести соотношение между эмпирическими предельными баллистическими параметрами.

Этот анализ был перенесен на решетки солнечных батарей европейского возвращаемого орбитального модуля (EURECA)², где были проведены измерения следов в общей сложности 1350 соударений. Места соударений на поверхности решеток были сгруппированы по морфологическим характеристикам, и были получены кумулятивные распределения частиц потока в соответствии с их размерами. Были выявлены соотношения между размерами соударявшейся частицы и предельным баллистическим параметром, исследовались также эллиптические соударения.

Важным элементом измерений *in situ* соударений является сравнение наблюдаемых форм распределения мест соударений частиц с данными, полученными в ходе моделирования космической среды. Более совершенные модели представляют пространственные и временные изменения в движении сообществ микрочастиц, и в отличие от анализа поверхности объектов, возвращенных из космоса, специализированные детекторы, например, TiCCE (экспериментальная камера для хронометрированного захвата частиц), могут обеспечить метод³ сравнения моделей потоков метеоритных частиц и оценки асимметричного распределения в спорадическом фоне метеоритов, что является важным элементом распознавания сообществ частиц естественного и искусственного происхождения.

Помимо выявления скорости и направления соударений частиц с объектами в космосе дополнительным средством, позволяющим провести различия между объектами естественного и искусственного происхождения, является оценка плотности потока, с которым происходит столкновение, а эта плотность различна для упомянутых двух разновидностей космических объектов. На основе сопоставления соударений для тонких и толстых объектов было установлено, что плотность потока соударений можно вывести; такой метод был использован для анализа массивов данных⁴, полученных как с платформы для изучения длительного внешнего воздействия космической среды (LDEF), так и с установки TiCCE модуля EURECA. Этот анализ позволил также выявить новые эмпирические взаимосвязи соударяющихся частиц и повреждений поверхностей аппаратов LDEF, MIR и EURECA⁵.

Растет озабоченность относительно воздействия, которое может оказать на действующие космические аппараты метеоритный поток Леонид в период ожидаемого ливня в ноябре 1998—1999 годов. Секция космических наук установила, что параметры ливня потока Леонид и его прохождение через орбиту Земли могут создать или спровоцировать явления разряда. Секция принимала самое непосредственное участие в исследовании возможностей утраты спутника "Олимпус" в 1993 году в результате столкновения с метеоритом Персеид, и пришла к выводу, что в период ожидаемого пика активности метеоритного потока Леонид в конце этого века может произойти несколько катастрофических событий⁶.

Благоприятная возможность иметь доступ к массивам данных, поступающих в разное время от разных космических аппаратов, находящихся на разных орбитах, позволяет сравнивать условия полетов и получать более полные характеристики сообществ метеоритных частиц и космического мусора и выводить уравнения, касающиеся повреждений, которые могут быть нанесены в результате соударений. Сравнение этих данных с результатами лабораторных имитаций соударений поможет составить более ясную картину потенциальной опасности микрочастиц для спутниковых систем⁷.

Секция имеет длительный опыт разработки и эксплуатации в космическом пространстве датчиков для обнаружения сообществ микрочастиц в космосе. Одним из таких датчиков является DEBIE (прибор для оценки мусора на орбите). В приборном оборудовании датчика DEBIE сочетаются пьезоэлектрические микрофоны с плазменным устройством для регистрации соударений и счетчиком пробоев, выполненным из фольги. Этот датчик представляет собой дешевую установку, которую можно установить на любом космическом аппарате и таким образом получить возможность регистрировать состояние сообществ микрочастиц в районе орбит, на которых находятся действующие космические аппараты, и осуществлять наблюдение за их изменениями⁸. Многофункциональность проектных характеристик и низкое ресурсопотребление делают этот прибор пригодным для использования как в полетах по околоземным орбитам, так и в межпланетном пространстве⁹.

До сих пор продолжаются дискуссии относительно происхождения и характера явно избыточного потока либо космического мусора, либо микрометеоритов на орбите Земли. Секция провела интенсивные исследования вероятных механизмов захвата, посредством которых межпланетные потоки могут быть втянуты в орбиту Земли под влиянием земного притяжения или атмосферных воздействий. Исследования показывают, что на все эти процессы захвата оказывает ощутимое воздействие Солнце, и в этом плане изменения солнечного угла и солнечного цикла могут иметь очень большое значение¹⁰.

Сравнение по важнейшим характеристикам сообществ метеоритов и массивов космического мусора на высотах, имеющих значение для функционирования действующих космических аппаратов, дают возможность конструкторам применять соответствующие стратегии защиты космических аппаратов от внешних воздействий. Исследования Секции показали, что на высотах порядка 500 км и ниже на космические аппараты больше воздействуют микрометеориты, чем космический мусор искусственного происхождения¹¹.

Все больше внимания исследователей начинает привлекать образование вторичного мусора, появляющегося в районе орбиты в результате столкновения с поверхностями космических аппаратов первичных соударяющихся частиц. Этот вопрос имеет большое значение не только для того, чтобы представить в моделях космической среды новые источники космического мусора, но также и для того,

чтобы не переоценивались объемы сообществ, определенные на основе анализа поверхностей аппаратов, возвращенных из космоса, а для этого необходимо обеспечить, чтобы места вторичных столкновений не рассматривались ошибочно как места первичных столкновений. Секция обнаружила это явление вторичного соударения в ходе анализа решеток солнечных батарей космического телескопа Хаббла¹².

В. Лондонский университет

В дополнение к работам Секции космических наук Кентского университета группа исследователей "Куин Мэри энд Вестфилд" колледжа Лондонского университета разрабатывает модели, представляющие источники мусора в космическом пространстве. Эта методика сочетает анализ распада ультрафиолетового излучения, эрозии атомарного кислорода и оценки воздействия соударений на гиперзвуковой скорости. Разрабатывается несколько эмпирических моделей, с помощью которых предполагается определить объем мусора, находящегося в космическом пространстве, как функцию высоты орбиты, ее наклона к плоскости экватора, времени пребывания космического аппарата на орбите, характеристик материалов, из которых изготовлены поверхности космического аппарата, и свойств космической среды, в которой он находится¹³.

Эту деятельность дополняют исследования новых методов воспроизведения динамики и частоты столкновений для различных сообществ объектов, находящихся на орбите. Одним из наиболее перспективных подходов является прямое моделирование Монте Карло, использующее методики, разработанные на основе расчетов разряженной газовой среды. Показатели условий космической среды, рассчитанные с помощью этой модели, и показатели потока, который наблюдался при использовании платформы для изучения длительного внешнего воздействия космической среды (LDEF), в отношении малых соударяющихся частиц, хорошо согласуются друг с другом¹⁴.

С. Саутгемптонский университет

Саутгемптонский университет сосредоточил свои усилия на изучении столкновений и анализе риска в краткосрочной перспективе. Набор программ моделирования, получивший название Комплект имитации космического мусора¹⁵, позволяет оценить последствия столкновений или аварий, вызванных взрывом космического аппарата, а также краткосрочную эволюцию созданного в результате этого облака космического мусора. Применяя обобщающий подход к методу вероятностной динамики континуума в программном обеспечении, можно вести наблюдение за траекториями появляющихся в таких случаях фрагментов и определять вероятность их столкновения с другими объектами, а в случае столкновения оценивать уровень ожидаемого повреждения.

Эта модель использовалась для технического анализа разрушения ракеты-носителя и орбитальной платформы для наблюдения за поверхностью Земли и дистанционного зондирования. Опыт применения этой модели позволяет сделать четкие выводы в отношении выбора оптимальных параметров орбиты ожидания и орбиты увода верхних ступеней ракеты-носителя, с тем чтобы свести к минимуму возможность создания угрозы столкновения с фрагментами, которые могут образоваться в результате аварии, находящимся поблизости космическим аппаратом¹⁶.

Этот метод был далее использован для анализа новой ситуации с сообществом из 800 спутников на низкой околоземной орбите. В исследовании рассматривалась возможность аварии и взрыва в результате столкновения в космосе. Цель состояла в том, чтобы определить вероятность того, в какой степени утрата (подрыв) спутника в одной из плоскостей сообщества повлечет за собой утрату спутника в той же или одной из близких к ней орбитальных плоскостей, и, возможно, положит начало каскаду столкновений внутри всей системы спутников. Было очевидно, что основными параметрами при этом были взаимное положение спутников в сообществе, количество спутников, их распределение в плоскостях относительно экватора, высота орбиты и ее наклонение, фазирование и размеры спутников¹⁷.

Д. Компания "Матра Маркони спейс"

Промышленность Соединенного Королевства начала признавать важность учета факторов космического мусора на этапе проектирования программы по сведению к минимуму издержек на установку на космической платформе элементов, которые могут быть подвержены влиянию космического мусора. Первостепенное значение было придано научно обоснованной программе, имеющей целью выяснить характер фундаментальных физических процессов, лежащих в основе соударений на гиперзвуковой скорости, и механизм их влияния на материалы, используемые в реальных космических аппаратах. Компания "Матра Маркони спейс" использовала опыт Секции космической науки Кентского университета для выяснения реакции материалов, из которых изготовлены решетки солнечных батарей, на столкновения на гиперзвуковой скорости¹⁸.

Получив целевую субсидию Королевского общества на проведение исследовательских работ, персонал компании "Матра" совместно с экспертами НАСА исследовал ряд фундаментальных процессов, связанных со столкновениями в космическом пространстве. Для выявления точных характеристик распределения величин скорости во вторичных выбросах¹⁹ были осуществлены программы всесторонних испытаний с использованием газовых пушек и соответствующих диагностических методик. Результаты этой программы также представляют интерес для исследователей планет, поскольку они позволяют глубже понять процессы формирования тел в Солнечной системе²⁰. Компания "Матра" также сотрудничала с французской организацией ONERA-CERT в проведении имитаций столкновений на гиперзвуковой скорости для выявления различий в морфологии мест соударений с частицами, движущимися по эллиптическим орбитам, и мест соударений, вызванных частицами, движущимися в непосредственной близости к аппарату под углом к плоскости его орбиты²¹.

Е. Компания "Сенчури дайнемикс"

Компания "Сенчури дайнемикс", разработав гидрокод AUTODYN-2D™, располагает уникальной возможностью исследовать процессы столкновений на гиперзвуковой скорости. Во взаимодействии с Секцией космических наук Кентского университета была проведена программа испытаний, имевшая целью сопоставить реакцию хрупких материалов на различные условия столкновений на гиперзвуковой скорости. Эта работа имеет большое значение, поскольку позволяет не только сравнить результаты имитации в гидрокоде и оценить их точность, но и дать в распоряжение конструктора средство, с помощью которого можно начать исследования реакции материалов, обычно используемых при создании космических аппаратов, на соударение с космическим мусором и метеоритами²².

Одна из проблем, связанных с использованием гидрокодов для имитации столкновений на гиперзвуковой скорости, состоит в том, что для решения задачи требуется интенсивно использовать ЭВМ. Для того чтобы сделать эти расчеты реалистичным эффективным средством проектирования космических аппаратов, необходимо добиться баланса между показателями точности и эффективности. Компания "Сенчури дайнемикс" потратила много времени и сил на поиск наиболее подходящих методик и решений, предназначенных для конкретных видов практического применения²³. Этот анализ может также включать оценку применения приборов для обработки данных, предназначенных для конкретных операций²⁴. Во взаимодействии с Управлением оборонных оценок и исследований "Сенчури дайнемикс" разрабатывает методику плавной гидродинамики частиц для случаев столкновения в условиях, когда наиболее целесообразно пользоваться методами расчетов без привязки к системе координат²⁵.

Ф. Управление оборонных оценок и исследований

Управление оборонных оценок и исследований ответственно за техническую координацию программы Соединенного Королевства по исследованию космического мусора. Помимо этого Управление разработало ряд средств программного обеспечения аналитических исследований.

Первое — комплект программного обеспечения, названный IDES (Комплексный набор программ по эволюции космического мусора), позволяет обеспечить оценку риска столкновения космического аппарата с космическим мусором в процессе будущего полета. Эта программа позволяет моделировать все виды операций на этапе запуска и пребывания на орбите, включая столкновения, взрывы,

разделения и сброс деталей космического аппарата. Эта программа позволяет также прогнозировать эволюцию орбит аппаратов, запущенных в космическое пространство, и оценивать влияние на них гравитационных возмущений, атмосферного торможения и воздействий Солнца и Луны. Была проведена программа всесторонних испытаний с целью убедиться в том, что прогнозы хорошо согласуются с реальными наблюдениями. В результате сочетания данных радиолокационного сопровождения более крупных объектов и анализа поверхностей возвращенных из космоса более мелких объектов было определено, что прогнозы и наблюдения хорошо согласуются между собой²⁶.

Высокая степень достоверности, о которой свидетельствовало соответствие прогнозов фактическим данным, позволила специалистам, использующим программу IDES, применить ее в режиме прогноза. Это дало возможность оценить воздействие запланированных на будущее систем. В ряде исследований²⁷ оценивалось влияние систем спутниковой связи на низких околоземных орбитах на рост объема космического мусора. Было показано, что взаимодействие между большим числом новых спутников и находящимся в районе их орбит фоновым сообществом космического мусора приведет к значительному увеличению скорости появления на орбите различных объектов. Очевидным является и то обстоятельство, что сами сообщества спутников на орбите станут объектами столкновений с космическим мусором²⁸.

Наряду с этим средством моделирования условий космического пространства разрабатывается программа для сравнительной оценки риска и проектных характеристик космических аппаратов PLATFORM, способная синтезировать результаты прогноза параметров сообщества космического мусора и на их основе определять проектные параметры космических аппаратов с целью обеспечить их выживаемость в случае столкновения с этими объектами. При таком подходе спутник рассматривается как совокупность отдельных элементов, которые располагаются таким образом, чтобы обеспечить максимальную защиту от космического мусора компонентов спутника²⁹. В программе PLATFORM используется новый элемент под кодовым названием SHIELD³⁰, в котором применяются генетические алгоритмы для определения оптимальной конфигурации космических аппаратов с учетом условий космической среды и конструкционных ограничений космических аппаратов, например соотношение тепловых характеристик и массы. Сочетание программ IDES и PLATFORM дает в распоряжение специалистов эффективное средство проектирования спутников с учетом технических проблем, которые могут появиться в будущем в результате влияния космического мусора.

Примечания

¹ ESA SP-393, *Second European Conference on Space Debris*, published by ESA Publications Division, ESTEC, Noordwijk, Netherlands, ISBN 92-9092-255-9, 1997.

² M.K. Herbert and J.A.M. McDonnell, *Morphological Classification of Impacts on the EURECA and Hubble Space Telescope Solar Arrays*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

³ N. McBride, J.A.M. McDonnell, D.J. Gardner, A.D. Griffiths, *Meteoroids at IAU: Modelling the Dynamics and Properties*, ESA Symposium Proceedings on Environment Modelling For Space Based Applications, ESTEC, Noordwijk, Netherland, 18-20 September 1996, SP-392, December 1996.

⁴ D.J. Gardner, J.A.M. McDonnell, *Meteoroid and Debris Properties From Thin and Thick Targets*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

⁵ D.J. Gardner, N.R.G. Shrine, J.A.M. McDonnell, *Determination of Hypervelocity Impactor Size From Thin Target Spacecraft Penetrations*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-93.

- ⁶ J.A.M. McDonnell, N. McBride, D.J. Gardner, *The Leonid Meteoroid Stream: Spacecraft Interactions and Effects*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ⁷ G.Drolshagen, W.C. Carey, J.A.M. McDonnell, T.J. Stevenson, J.-C. Mandeville, L. Berthoud, *HST Solar Array Impact Survey: Revised Damage Laws and Residue Analysis*, *Advances in Space Research*, vol. 19, No. 2, p. 239-251, 1997.
- ⁸ M.R. Leese, J.A.M. McDonnell, M.J. Burchell, S.F. Green, H.S. Jolly, P.R. Ratcliff, H.A. Shaw, *DEBIE — The Debris In-Orbit Evaluator*, INNOCAP '97 Conference, Grenoble, France, March 1997.
- ⁹ M.R. Leese, J.A.M. McDonnell, M.J. Burchell, S.F. Green, H.S. Jolly, P.R. Ratcliff, H.A. Shaw, *DEBIE — A Low Resource Dust Environment Monitor*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ¹⁰ J.A.M. McDonnell, C.R. Cook, *Particle Lifetime Studies In HOO for Aerocaptured Interplanetary Dust*, COSPAR 96, представлено для публикации в *Advances in Space Research*.
- ¹¹ J.A.M. McDonnell, P.R. Ratcliff, S.F. Green, N. McBride, I. Collier, *Microparticle Populations at LEO Altitudes: Recent Spacecraft Measurements*, *Icarus*, vol. 127, p. 55-64, 1997.
- ¹² A.D. Griffiths, J.A.M. McDonnell, G. Drolshagen, *Debris Production From Solar Array Surface Impact Spallation: Results from the Hubble Space Telescope*, *Advances in Space Research*, vol. 19, No. 2, p. 253-256, 1997.
- ¹³ J. Stark, A. Nombro, R. Walker, R. Growther, *A Model for the Generation of Micro-Debris Resulting from Atomic Oxygen Impact*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ¹⁴ L.Q. Wang, J.P.W. Stark, *Direct Simulation Monte Carlo Space Debris Simulation and Comparison with Long Duration Exposure Facility Impact Experiments*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ¹⁵ S.P. Barrows, G.G. Swinerd, R. Growther, *Review of Debris Cloud Modelling Techniques*, *Journal of Spacecraft and Rockets*, vol. 33, No. 4, July — August 1996.
- ¹⁶ S.P. Barrows, G.G. Swinerd, R. Crowther, *Assessment of Target Survivability Following a Debris Cloud Encounter*, *Space Forum*, vol. 1, pp. 329-353, 1996.
- ¹⁷ G.G. Swinerd, S. Barrows, R. Crowther, *Debris Risk Analysis of an 800 Satellite Constellation using the Space Debris Simulation Suite*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ¹⁸ M.K. Herbert, J.A.M. McDonnell, *Morphological Classification of Impacts on the EURECA and Hubble Space Telescope Solar Arrays*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.
- ¹⁹ M.J. Cintala, L. Berthoud, F. Horz, R.K. Peterson, G.D. Jolly, *A Method for Measuring Ejection Velocities during Experimental Impact Events*, Proceedings of 28th Lunar and Planetary Science Conference, 17-21 March 1997.
- ²⁰ L. Berthoud, M.J. Cintala, F. Horz, *Velocity Determination For Ejecta From Craters In Coarse Grained Sand*, Proceedings of 28th Lunar and Planetary Science Conference, 17-21 March 1997.
- ²¹ L. Berthoud, J.-C. Mandeville, *Distinguishing Between Oblique Incidence and Non-Spherical Projectile Impacts*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

²² E.A. Taylor, C.J. Hayhurst, K. Tsembelis, *Hydrocode Modelling of Space Debris Hypervelocity Impact on Soda-Lime Glass using the Johnson-Holmquist Brittle Material Model*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

²³ N.K. Birnbaum, M. Cowler, C.J. Hayhurst, *Numerical Simulation of Impact Using AUTODYN*, Proceedings of the 2nd International Symposium on Impact Engineering, Beijing, September 1996, публикуется в the Chinese Journal of Mechanical Press (Ed. C.Y. Chiem).

²⁴ H.J.P. O'Grady, C.J. Hayhurst, G.E. Fairlie, *The Numerical Simulation of Warheads, Impact and Blast Phenomena using AUTODYN-2D AND AUTODYN-3D*, Proceedings of the South African Ballistics Symposium, Stellenbosch, South Africa, November 1996.

²⁵ R.A. Clegg, J. Sheridan, C.J. Hayhurst, N.J. Francis, *The Application of SPH Techniques in AUTODYN-2D To Kinetic Energy Penetrator Impacts on Multi-layered Soil and Concrete Targets*, Proceedings of the 8th International Symposium on Interaction of the Effects of Munitions with Structures, 22-25 April 1997, Virginia, United States.

²⁶ R. Walker, R. Crowther, V. March, P.H. Stokes, G.G. Swinerd, *A Comparison of IDES Model Predictions with Debris Measurement Data*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

²⁷ R. Walker, R. Crowther, G.G. Swinerd, *The Long Term Implications of Operating Satellite Constellations in the Low Earth Orbit Debris Environment*, Advances in Space Research, vol. 19, No. 2, p. 355-358, 1997.

²⁸ R. Walker, R. Crowther, V. Marsh, P.H. Stokes, *Satellite Constellations and their Long Term Impact on the Debris Environment in Low Earth Orbit*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

²⁹ P.H. Stokes, R. Crowther, R. Walker, G.G. Swinerd, F. Aish, *Introducing PLATFORM — A New Software Program to Simulate Debris and Meteoroid Impacts on Space Platforms*, Advances in Space Research, vol. 19, No. 2, p. 365-368, 1997.

³⁰ P.H. Stokes, R. Crowther, V. Marsh, R. Walker, *A New Approach For Optimising Satellite Shielding And Configuration Using Genetic Algorithms*, Proceedings of the Second European Space Debris Conference, ESOC, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997, ESA SP-393.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Международная ассоциация права

[Подлинный текст на английском языке]

Полный текст документа Международной ассоциации права будет представлен в ходе сессии Научно-технического подкомитета Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.

Международная организация спутниковой связи

[Подлинный текст на английском языке]

А. Введение

ИНТЕЛСАТ самостоятельно разрабатывает меры и осуществляет процедуры по выводу из эксплуатации выработавших свой ресурс спутников и предотвращению образования космического мусора. Действующие правила и процедуры, касающиеся общих принципов проектирования спутников, операций по запуску, эксплуатации спутников, аномалий в работе спутников и вывода их из эксплуатации, приводятся ниже.

В. Общие принципы проектирования спутников

- Документация ИНТЕЛСАТ по закупке спутников определяет конструкции, в которых сведены к минимуму дегазация и образование космического мусора в период маневров спутников на переходной орбите и в ходе эксплуатации на орбите.
- ИНТЕЛСАТ использует спутники, конструкции которых обеспечивают их самостоятельность и исключают создание космического мусора.
- Спутники оснащаются, когда это возможно, измерительными устройствами, позволяющими определить момент завершения использования топлива (бортовыми системами).

1. Операции по запуску

- Поддерживается диалог с Космическим командованием США/Командованием воздушно-космической обороны Североамериканского континента (NORAD); ИНТЕЛСАТ предоставляет по запросам информацию о запусках и данные о параметрах орбит.

2. Эксплуатация спутников

- Ведется детальный учет топлива на борту спутников, включая его расходование для всех маневров. Для оценки использованного топлива и прогноза оставшихся резервов используются математические модели. Эти модели постоянно корректируются на основе полетных данных.
- Для того чтобы "придержать" имеющиеся на борту спутника резервы топлива и гарантировать, что спутник не останется на орбите без возможности маневра, устанавливается запас топлива с учетом предела неопределенности.
- Для слежения за спутниками и управления ими с целью обеспечения полной взаимозаменяемости во время операций на орбите или в аварийных ситуациях используется несколько наземных станций.

- Постоянно ведется прием телеметрической информации со спутников, которая сопоставляется с установленными предельными величинами. Для оповещения наземных групп об аномальных ситуациях используются сигналы тревоги.
- На всех спутниках ведется постоянное наблюдение за характеристиками энергетических подсистем и емкостью бортовых батарей. Предусмотрены аварийные процедуры для "сброса нагрузки", если отмечено снижение мощности батарей или систем энергоснабжения.
- На случай аварийных ситуаций разработаны специальные планы и процедуры; инженерный персонал по вызову может оказать консультацию в любое время в течение 24 часов.
- В ходе операций по изменению места спутников на орбите ИНТЕЛСАТ соблюдает стандартные протоколы и координирует все действия с владельцами/эксплуатантами других спутников.

3. Аномалии в работе спутников

- Аварийные планы предусматривают немедленное повышение орбиты и вывод из эксплуатации любого спутника, который может выйти из строя на дуге геосинхронной орбиты. Это решение имеет право принимать Директор службы инженерной поддержки и операций спутников; никаких других одобрений или утверждений этого решения не требуется.

4. Вывод спутников из эксплуатации

- При выводе из эксплуатации все спутники переводятся в безопасный пассивный режим. Это предусматривает разгерметизацию и продувку топливных систем как элемента повышения орбиты, разряжение всех батарей и выключение всех радиочастотных блоков для предотвращения помех деятельности владельцев/эксплуатантов других спутников.
- Для спутников, запущенных в более ранний период, предусмотрено сохранение достаточного количества топлива, которое при выводе из эксплуатации спутника позволит осуществить перевод на более высокую орбиту, по крайней мере на 150 км выше геостационарной. Этот маневр обычно выполняется в несколько этапов в течение нескольких дней и гарантирует перевод на надежную орбиту ожидания. Для спутников новейших конструкций, начиная с ИНТЕЛСАТ VI, принята минимальная высота орбиты для вывода из эксплуатации — 300 км. В связи с тем, что расчет топлива для спутников ИНТЕЛСАТ производится с большим запасом, спутники ИНТЕЛСАТ обычно переводятся на более высокие, чем запланировано, орбиты после вывода из эксплуатации.