



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
24 November 2008

Russian
Original: English

Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях

Национальные исследования, касающиеся космического мусора, безопасного использования космических объектов с ядерными источниками энергии на борту и проблем их столкновений с космическим мусором

Записка Секретариата

Содержание

	<i>Стр.</i>
I. Введение	2
II. Ответы, полученные от государств-членов	2
Германия	2
Япония	11



I. Введение

1. В своей резолюции 63/90 от 5 декабря 2008 года Генеральная Ассамблея сочла, что государствам-членам крайне необходимо уделять больше внимания проблеме столкновений космических объектов, в том числе с ядерными источниками энергии, с космическим мусором и другим аспектам проблемы космического мусора, призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу, разрабатывать усовершенствованные технологии наблюдения за космическим мусором, собирать и распространять данные о космическом мусоре, а также сочла, что по мере возможности информацию по этому вопросу следует представлять Научно-техническому подкомитету, и согласилась с необходимостью международного сотрудничества для расширения соответствующих и доступных стратегий сведения к минимуму воздействия космического мусора на будущие космические полеты.

2. На своей сорок пятой сессии Подкомитет согласился с тем, что исследования проблемы космического мусора необходимо продолжать, а государства-члены должны предоставлять всем заинтересованным сторонам результаты таких исследований, в том числе информацию о принимаемых практических мерах, которые доказали свою эффективность в сведении к минимуму образования космического мусора (А/АС.105/911, пункт 91). В вербальной ноте от 5 августа 2008 года Генеральный секретарь просил правительства представить любую информацию по этому вопросу до 31 октября 2008 года, с тем чтобы ее можно было представить Научно-техническому подкомитету на его сорок шестой сессии.

3. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от Германии и Японии.

II. Ответы, полученные от государств-членов

Германия

[Подлинный текст на английском языке]

1. Проводимые в Германии исследования по проблеме космического мусора охватывают различные аспекты, включая технологию наблюдения космического мусора, моделирование среды космического мусора, изучение физических характеристик соударений для улучшения понимания того, как происходят соударения на сверхвысоких скоростях, и технологии защиты космических систем от космического мусора и ограничения в дальнейшем его образования.

2. Финансирование осуществляется либо из бюджета Германии на национальную космическую деятельность, либо по линии Европейского космического агентства (ЕКА). Информация о мероприятиях, проводимых Германией по контрактам ЕКА, представлена в соответствующем докладе ЕКА.

3. Ниже представлена информация о финансируемых государством исследованиях, которые были начаты и проводились в Германии в 2008 году.

Испытания в аэродинамической трубе на вход в атмосферу и сопоставление программ OSRAT и SCARAB

4. Продолжалось сотрудничество между Германской компанией "Хипершаль технологи Гёттинген" (ХТГ) и Национальным управлением по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки в рамках осуществления проекта, предусматривающего сопоставление двух программ имитационного моделирования входа в атмосферу: Модели аэротермического разрушения космических аппаратов при возвращении в атмосферу (SCARAB) ХТГ и Анализатора выживания объектов при возвращении в атмосферу (OSRAT) НАСА. Это сотрудничество началось в 1998 году. Исследования подтвердили, что обе программы дают почти идентичные результаты по входу в атмосферу объектов простой формы (сфера, коробка или цилиндр). Однако результаты анализов, проводимых в отношении спутников сложной формы, указывают на значительные расхождения между фактическими и прогнозируемыми на Земле рисками.

5. Цель проекта заключается в том, чтобы лучше узнать поведение материала при входе космического аппарата в атмосферу, что позволит составлять более точные прогнозы относительно процессов фрагментации.

6. Основное внимание в рамках проекта было уделено следующим мероприятиям, направленным на устранение наиболее важных источников неопределенности:

а) разработка подхода, обеспечивающего более реалистичное моделирование, и совершенствование анализа аэротермического разрушения элементов из пластика, армированного углеродным волокном (углепластик), при входе в атмосферу. На базе Германского аэрокосмического центра (ДЛР) в Кёльне были проведены испытания в аэродинамической трубе (АДТ) с электродуговым подогревом для изучения разрушения материалов в условиях входа в атмосферу;

б) уточнение аэротермодинамических характеристик не имеющих аэродинамической формы элементов конструкций (полых или коробчатых объектов, движущихся в потоке с произвольным распределением направлений). В гиперзвуковой вакуумной АДТ на базе ДЛР в Гёттингене, Германия, были проведены испытания в целях изучения аэротермического нагрева в условиях входа в атмосферу;

в) сравнение процессов фрагментации упрощенного типового испытательного спутника, смоделированных с помощью программ OSRAT и SCARAB, что позволило вновь провести сопоставление этих программ.

Испытания в аэродинамической трубе для оценки разрушения материалов

7. Необходимость экспериментальной проверки материалов была обусловлена результатами прежних аналитических исследований спуска в атмосфере, которые проводились с помощью SCARAB в те времена, когда механизм аэротермического разрушения еще не был известен и не имелось соответствующих физических данных по жаростойким материалам, в том числе по сплавам, таким как инвар, меди, стеклокерамике и большей части углепластиков. Поэтому для проведения испытаний на разрушение материалов в

условиях входа в атмосферу была использована АДТ с электродуговым подогревом на базе ДЛР в Кёльне.

8. Согласно результатам этих испытаний углепластик сгорает очень медленно вследствие химической реакции с атомарным кислородом, присутствующим в потоке, но разрушается при очень высоких поверхностных температурах (более 2 000 градусов по Кельвину), что обеспечивает эффективное излучательное охлаждение. Таким образом, углепластик действует как весьма стойкая абляционная теплозащита компонентов космических аппаратов. Эти результаты были использованы в модели SCARAB, однако только в предварительном порядке на основе стандартного механизма разрушения материалов применительно к металлам. Механизмы химического разрушения, например окисления, не использовались.

9. В настоящее время в космической промышленности для спутников все более широко используются ячеистые конструкции из углепластика. Типичными примерами являются исследовательский спутник ЕКА GOCE (спутник для измерения распределения гравитационного поля Земли и океанических течений) и германский радиолокационный спутник TerraSAR-X; кроме того, углепластик используется также в крупных компонентах верхних ступеней ракеты-носителя "Ариан-5". Для повышения точности прогнозирования разрушения таких элементов конструкции при входе в атмосферу необходимо провести множество испытаний материалов. Лишь на основе результатов таких испытаний можно будет использовать в модели SCARAB новые механизмы разрушения и уменьшить основные неопределенности при предварительной наземной оценке рисков, связанных с входом в атмосферу.

10. В Кёльне в АДТ с электродуговым подогревом были проведены испытания на разрушение материалов. В условиях входа в атмосферу были испытаны 14 образцов материалов и один зонд для измерения теплового потока. Проведенные сопоставления с моделью SCARAB показали, что создаваемые в АДТ условия аналогичны реальным условиям на высоте 53,6 км и скорости 3,6 км/с. Соответствующие значения потока на охлаждаемой стене составляют около 1,4 мегаватт/м².

11. Семь образцов из слоистой конструкции с алюминиевым сотовым наполнителем с лицевой обшивкой из углепластика представляли собой предоставленные ЕКА типичные образцы переходника Sylva между полезной нагрузкой и ракетой-носителем "Ариан-5".

12. Еще три образца были образцами материалов, используемых в проекте GOCE. Один из них вновь представлял собой слоистую конструкцию с алюминиевым сотовым наполнителем и лицевой обшивкой из углепластика, которая используется для панелей солнечных батарей спутника GOCE. Другие два образца, предоставленные итальянской компанией "Алениа спацио", представляли собой специальные материалы из углерода, армированного углеродным волокном, которые используются в гравитационном градиометре на спутнике GOCE.

13. Остальные четыре образца материалов включали сотовый алюминиевый наполнитель с облицовочными листами из армированной стеклопластиком эпоксидной смолы, простой сплав титана и такой же сплав с углепластиковым покрытием (как образцы материалов титановых топливных баков высокого

давления, изготовленных методом намотки углепластика и используемых в верхних ступенях "Ариан-5") и состоящая из двух частей медная модель, половина которой была покрыта никель-хромовым сплавом для исследования каталитичности поверхности.

14. У всех моделей конструкций с алюминиевым сотовым наполнителем и облицовкой из углепластика или стекловолокна был похожий характер разрушения. Типичным для процесса разрушения было разрушение первого облицовочного листа. Наблюдалась разная степень повреждения. Весьма стойким оказался материал из углерода, армированного углеродным волокном. Модель из простого титана не разрушилась. После испытания на модели был только слой пористого окисла. Однако такой же титановый сплав разрушался, если был покрыт углепластиком. На никель-хромовом покрытии медной модели не было никаких повреждений.

15. Для целей сопоставления результатов измерений с результатами численных имитационных экспериментов модель SCARAB была использована в новом экспериментальном режиме аэродинамической трубы. Основная цель имитационных экспериментов с помощью SCARAB состояла в том, чтобы воспроизвести условия АДТ, особенно тепловой поток, который использовался для испытаний в АДТ с электродуговым подогревом в Кёльне.

16. По результатам сравнительных испытаний были сделаны следующие общие выводы:

а) результаты, полученные с помощью SCARAB, и измерения, произведенные в АДТ с электродуговым подогревом в Кёльне, во многом совпадают по общему прогнозу разрушения (а именно, отсутствие разрушений у титана, аналогичная скорость абляции углепластика и аналогичная последовательность разрушения многослойных конструкций с алюминиевым сотовым наполнителем и углепластиковой облицовкой) и в некоторой степени сходятся в отношении температурных эволюций;

б) в деталях эволюции температур были значительные расхождения, обусловленные недостатками аналитической модели SCARAB. Например, не учитывались процессы химического разрушения (окисление и абляция поверхности) и были неточны характеристики излучающей поверхности моделей с покрытием;

в) существует необходимость в количественном определении потери тепла, обусловленной тепловым режимом держателя модели.

Испытания в аэродинамической трубе на аэротермический нагрев

17. У спутников и большинства деталей космических аппаратов, как правило, нет аэродинамической формы. При входе в атмосферу угловая ориентация объекта в принципе может быть любой. В большинстве случаев компоненты спутников имеют форму полых цилиндров (труб), коробок, стоек различного сечения или тонкостенных панелей и оболочек.

18. По таким лишенным аэродинамической формы телам имеется весьма ограниченный объем экспериментальных данных, которые можно было бы использовать для проверки методов численного анализа, и поэтому существует

необходимость в проведении экспериментальных испытаний на всех углах атаки.

19. Поскольку большинство таких объектов имеют затупленную форму, то, используя модифицированную теорию Ньютона, можно с достаточной степенью точности рассчитать коэффициенты аэродинамических сил. Однако значительные проблемы до сих пор вызывает расчет распределения теплового потока и соответствующего комплексного теплового потока по объекту в целом. Кроме того, в полых объектах, которые открыты и беспорядочно вращаются, на определенных высотах может возникать внутренний поток, который весьма трудно анализировать численно. Тем не менее такие объекты широко используются в качестве компонентов космических аппаратов.

20. В отношении 22 объектов различной формы были проведены испытания на теплопередачу, которые позволили получить набор ценных данных относительно зависимости скорости комплексного нагрева от формы объекта и угла атаки.

21. Для проведения испытаний объекты были разделены на две группы: группу А и группу В. Объекты группы А были использованы для испытания углов атаки в пределах от минус 90 до плюс 90 градусов, а объекты группы В были использованы для испытания вращающихся моделей. В обеих группах имелись твердотельные и полые объекты.

22. Результаты испытаний, проведенных в отношении твердотельных и полых объектов, которые также допускают внутренний поток и внутреннее нагревание, были сопоставлены. По сравнению с твердотельным объектом, имеющим аналогичную фронтальную площадь, в полем объекте, полая часть которого была обращена в направлении потока, возникал сильный внутренний нагревающий внутренний поток и значительно возросла скорость нагрева. При увеличении угла атаки внутренний поток и нагрев уменьшались, а внешний нагрев возрос вследствие увеличения внешней площади соприкосновения с потоком. Сочетание этих двух противоположных эффектов вело к сглаживанию изменения скорости нагрева при изменении угла атаки.

23. Отдельные результаты нагрева твердотельных объектов потоком были сопоставлены с результатами, полученными с помощью метода анализа SCARAB. Методы, используемые в SCARAB, с достаточной степенью точности позволяют прогнозировать скорость нагрева, которая зависит от нормализованного угла атаки. Более подробное сравнение с методом анализа SCARAB планируется провести в рамках процедуры проверки разрабатываемой в настоящее время новой версии 3.1L SCARAB.

Сравнение ORSAT и SCARAB

24. Для того чтобы повысить степень координации и адаптации систем программного обеспечения ORSAT и SCARAB применительно к реальным условиям входа космического аппарата в атмосферу, для сопоставления результатов численной имитации процессов фрагментации и прогнозов использовался упрощенный типовой испытательный спутник. Проводить такие сопоставления, по крайней мере в отношении спутников сложной формы, в прошлом было весьма трудно.

25. Коллективы НАСА и ХТГ совместно разработали испытательный спутник массой около 400 кг, который не является реальной моделью, поскольку его главное назначение состоит в том, чтобы помочь в определении различных процессов разрушения, происходящих при входе в атмосферу, которые приводят к различным результатам на поверхности Земли.

26. Основное различие между ORSAT и SCARAB состоит в трактовке фрагментации. В программе ORSAT принято, что высотой разрушения является высота 78 км. Все объекты моделирования помещаются в поток на этой высоте и затем анализируются отдельно. В программе SCARAB анализируется связанность (касание) между объектами моделирования на предмет выявления утративших связь фрагментов, поскольку они сплывались с другими частями космического аппарата. Не связанные фрагменты анализируются отдельно. Подход, принятый в программе ORSAT, моделирует разовую мгновенную фрагментацию на высоте 78 км, а подход, принятый в программе SCARAB, моделирует более длительный режим фрагментации, достигающий предела на высоте 60-80 км.

27. Что касается траектории испытательного спутника, то результаты анализов, проводимых ORSAT и SCARAB, во многом совпадают. Эллипсы рассеивания столкновений с землей похожи по форме, только смещены приблизительно на 70 км по направлению траектории.

28. Сравнение анализов живучести также указывает на весьма значительное совпадение результатов. Как ни странно, однако по сравнению с прогнозами SCARAB программа ORSAT прогнозирует несколько большее количество сохраняющихся фрагментов и более широкий район поражения.

29. При подробном сопоставлении сохраняющихся фрагментов было установлено, что основные расхождения в степени риска на Земле обусловлены различием характеров фрагментации контейнера аккумулятора. В программе ORSAT, в которой фрагментация происходит на высоте 78 км, все внутренние компоненты выпускались в качестве отдельных фрагментов и выживали при входе в атмосферу. Следствием этого было увеличение числа объектов, упавших на землю. В программе SCARAB внутренние части аккумулятора не отделялись друг от друга и сохранялись в качестве одного фрагмента. Следствием большего числа фрагментов, достигающих земли, в программе ORSAT является значительное увеличение степени риска на земле. В целом, оба сценария являются возможными, и ни один из них не выглядит более вероятным, чем другой.

30. Пока не представляется возможным определить, какие результаты, полученные ORSAT или SCARAB, точнее отражают реальный процесс фрагментации космического аппарата при входе в атмосферу. Требуются дальнейшие исследования, особенно в отношении подтверждения правильности или более точной оценки программ имитации входа в атмосферу, на основе наблюдения реальных событий, связанных с возвращением в плотные слои атмосферы.

Совершенствование испытаний на высокоскоростные соударения

Разработка ускорителя для имитации в лабораторных условиях соударений с частицами космического мусора миллиметрового размера на скорости 10 километров в секунду

31. Цель проекта заключается в проведении оценки и совершенствовании технических характеристик испытательных установок в Институте им. Эрнста Маха (ЭМИ) в Германии, предназначенных для имитации высокоскоростных соударений частиц космического мусора миллиметрового размера с конструкциями и компонентами космических кораблей на скорости около 10 км/с. Для имитации высокоскоростных соударений в ЭМИ используется технология газовой пушки, которая позволяет выстреливать множество частиц без изменения их физических свойств. Еще одна цель проекта заключается в том, чтобы сократить расходы на проведение таких испытаний за счет уменьшения зарядов газовой пушки.

32. В начале проекта на основе аналитических теорий была проведена оценка недостатков функционирования пушки и на основе численного моделирования были выявлены возможности для его улучшения путем внесения геометрических изменений. Было установлено, что для улучшения рабочих характеристик требуется более высокое давление газа. Результаты опытов с внесением геометрических изменений в четырехмиллиметровую двухступенчатую газовую пушку (так называемую "Baby LGG") подтвердили возможность усовершенствования цикла ускорения. Наиболее важным стало изменение конструкции секции высокого давления путем ее удлинения и придания ей вогнутой формы.

33. В течение первых шести месяцев отчетного периода была проведена подготовительная работа по пусковой трубе. Началась закупка необходимых материалов. Была изготовлена новая секция высокого давления. Было изменено уплотнение между секцией высокого давления и пусковой трубой. Для демонстрации действия было проведено численное моделирование установки.

Спаренная пушка: новая концепция ускорителя

34. В начале 2008 года ДЛР и ЭМИ приступили к осуществлению проекта, предусматривающего разработку новой концепции ускорителя для имитационных экспериментов по высокоскоростному соударению с частицами космического мусора. В рамках этого проекта была исследована возможность осуществления новой концепции ускорителя, названной "концепцией спаренной пушки". Суть концепции заключается в том, чтобы заставить частицы миллиметрового размера двигаться быстрее, чем с помощью существующей газовой пушки, при обеспечении воспроизводимости и уменьшении износа. Концепция основана на технологии газовой пушки, однако в спаренной пушке для придания большей скорости частицам будут использоваться два поршня в двух параллельных направляющих трубах, соединенных с одной зарядной камерой и ведущих к одной пусковой трубе.

35. При соответствующем сочетании рабочих параметров импульс давления на входе пусковой трубы становится шире, чем у обычной газовой пушки. Благодаря такому "формированию импульса давления" и более эффективной

конструкции секции ускорения снаряд способен достигать более высоких скоростей. При этом не будут превышать пределы критического давления.

36. В настоящее время проводятся исследования в отношении технических характеристик и конструкции спаренной пушки.

Позиция Германии в отношении мер по предупреждению образования космического мусора в том, что касается экономичности и устойчивости

37. Цель анализа позиции Германии в отношении мер по предупреждению образования космического мусора в том, что касается экономичности и устойчивости, заключается в том, чтобы оказать поддержку позиции государства в отношении таких мер в контексте обсуждения научно-технических вопросов, касающихся экономичности и устойчивости. Анализ проводится также с целью поддержать позицию делегации Германии в ЕКА и таких международных комитетах, как Межагентский координационный комитет по космическому мусору (МККМ) и Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.

38. Представленный ниже анализ основан на результатах уже проведенного анализа затрат и выгод в рамках проекта "Комплексные услуги по вопросам космического мусора", однако является более подробным, поскольку его дополняет обзор уже приобретенного опыта в деле принятия мер по предупреждению засорения космического пространства при проектировании и эксплуатации космических аппаратов, а также оценка предложений по удалению мусора из космоса.

39. В соответствующей литературе приводится подробная информация об основах моделей расходов и о применимости моделей засоренности космического пространства для определения риска потери космического аппарата. На основе анализа существующих моделей расходов была составлена измененная модель для оценки ущерба для всех осуществленных в прошлом спутниковых проектов, вызванного высокоскоростными соударениями.

40. Используя данные о потоке частиц, основанные на версии Справочной модели засоренности околоземного космического пространства метеорными телами и фрагментами мусора 2005 года (MASTER-2005), путем сочетания оценок стоимости спутников с результатами анализа риска можно в количественном выражении определить влияние среды космического мусора и изменение со временем степени риска. Цель систематического проведения анализа влияния высокоскоростных соударений на прежние спутниковые проекты заключается в том, чтобы оценить изменение со временем степени угрозы космическим аппаратам со стороны космического мусора и на этой основе определить цену риска для спутниковых операторов. Были изучены результаты анализа в общей сложности 3 893 спутников. Для всех спутников был установлен семилетний срок службы. Учитывались соответствующие орбиты и различия в размерах спутников. Было принято, что такие другие параметры, как конструкция и размеры стенки спутника и количество и типы полезных нагрузок, являются идентичными для всех спутников. При расчете стоимости каждого спутника учитывалась его масса в начале срока службы. С помощью программного обеспечения MASTER-2005 для каждого спутника была создана обширная база данных по потоку частиц, в котором он находился. На основе

уравнений повреждений для конструкций стенок проводился анализ того, какие соударяющиеся частицы могли бы пробить стенку спутника. Для каждого спутника была определена вероятность появления отказа. И, наконец, с учетом стоимости спутника и вероятности отказа рассчитывалась цена риска.

41. Эта цена указывает на вероятную сумму потерь для инвестора в случае преждевременного выхода из строя спутника вследствие повреждения, вызванного столкновениями с частицами. Убытки, обусловленные преждевременным прекращением срока службы вследствие столкновений частиц со спутником, составляют цену риска. Если суммировать эти затраты, то можно определить общий экономический ущерб, вызванный повреждениями в любой конкретный момент. Процесс моделирования весьма сложен, поскольку требует проведения анализа риска в отношении приблизительно 4 000 спутников, который включает определение того, как распределены подсистемы, расчет вероятности отказа и оценку затрат. В зависимости от выбора модели уязвимости общая сумма ущерба составляет от 200 до 700 млн. долл. США, что соответствует стоимости потери двух-пяти спутников. Поскольку определение степени уязвимости спутников требует значительного упрощения, следует понимать, что эти цифры представляют собой лишь оценку порядка величины. Эта работа указывает на возможность проведения анализа рисков и затрат, связанных со взаимодействием частиц космического мусора с большим количеством спутников.

42. В рамках этого проекта были изучены соответствующие тексты, в которых предлагаются различные методы удаления мусора из космоса. Такие методы по сути сводятся к поднятию орбиты или своду с орбиты объектов с помощью лазерных или тросовых технологий или с помощью робототехники. Перечень известных предложений имеется, однако не все из них были оценены.

Применение национальных руководящих принципов предупреждения образования космического мусора к германским космическим проектам

*Программа экологического мониторинга и анализа**

43. Программа экологического мониторинга и анализа (EnMAP) – германский проект, предусматривающий использование спутника для гиперспектральных наблюдений по более чем 200 каналам в широком спектральном диапазоне 420–2 450 нанометров и с высоким наземным разрешением порядка 30 метров. Аппаратура EnMAP будет установлена на малоразмерном спутнике, создаваемом на основе новейшей технологии шинного соединения, который будет выведен на орбиту высотой около 650 км над поверхностью Земли. Основные задачи проекта EnMAP связаны с глобальным определением параметров экосистем, а также биофизических, биохимических и геохимических переменных. Кроме того, проект EnMAP даст возможность проводить анализ стихийных бедствий и степени загрязнения земельных и водных ресурсов. Данные, полученные в ходе этого проекта, будут использоваться в будущем для предоставления коммерческих и оперативных услуг.

* С подлинным текстом представленного Германией документа на английском языке можно ознакомиться на веб-сайте Управления по вопросам космического пространства Секретариата (<http://www.unoosa.org/oosa/nataact/sdnps/2008/index.html>).

44. В настоящее время изучается возможность применения к EnMAP национальных руководящих принципов предупреждения образования космического мусора, разработанных на основе Европейского кодекса поведения в отношении предупреждения образования космического мусора. Эта работа включает анализ мероприятий, проводимых в связи с окончанием срока службы (в частности, анализ процесса пассивации и осуществления маневров по уводу с орбиты) и принятия мер безопасности в связи с входом в плотные слои атмосферы (в частности, оценку возможности падения фрагментов космического аппарата на поверхность Земли, изучение связанных с этим рисков для населения и имущества на Земле и оценку возможности опасного загрязнения земной среды) (A/АС.105/918, пункты 4-7).

Technologie Erprobungs Träger (Платформы для испытания технологий)

45. Цель программы Technologie Erprobungs Träger (ТЕТ) – поиск новых технологий для использования в космических проектах. Основное внимание в рамках этой программы уделяется демонстрации и проверке в ходе полетов компонентов и подсистем космических аппаратов для использования в системах электроснабжения, наведения, навигации, управления и т.д.

46. ДЛР обеспечивает возможность проверки в полете новых технологий для различных платформ и спутников. Программа предусматривает использование германского спутника ТЕТ массой около 120 кг, способного нести полезную нагрузку массой около 50 кг.

47. Спутник ТЕТ будет выведен на низкую околоземную орбиту. Планируемая продолжительность полета составляет один год. Помимо обеспечения монтажа, комплексирования и испытания спутника ТЕТ, ДЛР станет его оператором и будет предоставлять пользователям собранные данные.

48. В рамках ТЕТ будет изучена возможность применения национальных руководящих принципов предупреждения образования космического мусора, разработанных на основе Европейского кодекса поведения в отношении предупреждения образования космического мусора, с учетом потребностей проекта. Особое внимание будет уделяться упреждающим мерам, в частности в отношении высвобождения объектов, связанных с технологией полета, и в отношении фрагментации), мероприятиям в связи с окончанием срока службы (например, пассивации, снижению высоты и уводу с орбиты) и обеспечению безопасности в связи с входом в плотные слои атмосферы (A/АС.105/918, пункты 8-11).

Япония

[Подлинный текст на английском языке]

1. Ниже представлены основные направления исследований по проблеме космического мусора, которыми в Японии преимущественно занимаются Японское агентство аэрокосмических исследований (ДЖАКСА) и Университет Кюсю.

Наземные наблюдения космического мусора

2. Для наблюдения за объектами, находящимися на геосинхронной орбите, и определения характеристик их орбит обычно используются оптические телескопы. В настоящее время разрабатывается программное обеспечение для автоматического обнаружения более мелких объектов на геосинхронной орбите. За объектами, находящимися на низкой околоземной орбите (НОО), наблюдение осуществляется с помощью радиотелескопов. Ведутся исследования с целью улучшить наблюдение за объектами, находящимися на НОО, с помощью оптических телескопов с высокоскоростным режимом слежения. Кроме того, проводятся наблюдения кривых блеска некоторых космических аппаратов и анализируются характеристики их вращения (см. информацию, представленную Японией в документе А/АС.105/918, пункт 2).

Средства моделирования и анализа

3. В настоящее время ведется работа по модернизации разработанной в Университете Кью модели эволюции засоренности НОО и разработанного ДЖАКСА вспомогательного программного средства по стандартам предупреждения образования космического мусора (DEMIST). Ведется также разработка аналитической программы для оценки риска столкновений с космическим мусором. До настоящего времени можно было только анализировать вероятность столкновений с космическим мусором, в то время как оценка риска повреждений проводится с использованием формул баллистического предела.

Модели эволюции орбитального мусора

4. Университет Кью от имени ДЖАКСА планирует представить материалы по "пункту действия" "благодарное влияние активного удаления мусора на засоренность НОО", который в настоящее время изучает Рабочая группа 2 Межагентского координационного комитета по космическому мусору (МККМ). В рамках этого пункта Рабочая группа 2 намерена достичь консенсуса по вопросу о стабильности и нестабильности существующего количества орбитального мусора на НОО. Будет проведено параметрическое исследование эффектов активного удаления орбитального мусора, результаты которого будут сопоставлены с результатами других программных средств. Первые результаты исследования, проводимого под руководством Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки, при участии представителей Итальянского космического агентства (АСИ), Британского национального космического центра, Индийской организации космических исследований и ДЖАКСА, будут представлены на следующем совещании МККМ в апреле 2009 года.

5. Международное космическое сообщество рекомендует удалять с геосинхронной орбиты старые космические аппараты на более высокие орбиты дрейфа, с тем чтобы они не мешали действующим спутникам. За последние восемь лет более 80 процентов старых геосинхронных спутников были переведены на орбиты, находящиеся выше номинальной геосинхронной орбиты. Однако некоторые из этих космических аппаратов не удалось поднять на высоту, рекомендованную МККМ.

6. Путем проецирования на будущее существующей практики увода спутников Университет Кюсю составил прогноз степени засоренности геосинхронной орбиты на следующие сто лет. Согласно этому прогнозу, для того чтобы беречь геосинхронную орбиту, следует прилагать усилия для обеспечения увода спутников по окончании срока службы в соответствии с рекомендациями международного космического сообщества и для внедрения процедур обеспечения безопасности всех отработавших ступеней ракет и космических аппаратов. Прогноз позволил выявить также такие технические вопросы, связанные с уводом старых (отработавших) космических аппаратов на более высокие орбиты дрейфа, как трудность оценки потребления топлива (остаток топлива) и ненадежное функционирование систем (отказы) в конце срока службы космических аппаратов.

7. Университет Кюсю и ДЖАКСА планируют разработать полномасштабную модель области от НОО до геосинхронной орбиты, в которой бы учитывались все объекты, находящиеся на околоземной орбите. Во исполнение этого плана Университет Кюсю приступил к модернизации своей модели геосинхронной орбиты на основе использования методов более реалистичного моделирования по сравнению с методами, применяемыми в модели НОО.

Испытания на высокоскоростные соударения

8. На базе Университета Падуи в Италии были проведены испытания на высокоскоростные соударения с алюминиевыми и углепластиковыми пластинами с использованием двухступенчатой газовой пушки, разработанной в Университете Тохоку в Японии. В ходе этих испытаний характер разрушения мишени фиксировался высокоскоростной камерой. Как степень повреждения, так и размеры облаков из осколков у алюминиевых сплавов и углепластиков на базе эпоксидной смолы были разными. Для содействия получению дополнительных экспериментальных данных ДЖАКСА стала использовать двухступенчатую газовую пушку.

9. Для испытаний на высокоскоростные соударения применялось также устройство для анализа соударений с помощью кумулятивных зарядов, в котором используются снаряды массой более 1 грамма, достигающие скорости более 10 км/с. Исключительно для получения результатов о столкновении с основной реактивной струей была разработана система отвода реактивной струи.

Испытания микроспутников на соударения

10. Университет Кюсю и Управление программы по орбитальному мусору НАСА осуществили ряд совместных исследований по изучению ударных воздействий на микроспутники. В качестве мишеней использовались два микроспутника с многослойным теплозащитным покрытием и панелью солнечных батарей. Размеры микроспутников массой около 1 500 граммов составляли 20х20х20 см. В ходе ударных испытаний исследовались части панели солнечных батарей и части с многослойным теплозащитным покрытием. Результаты испытаний были сопоставлены со стандартной моделью разрушения НАСА. Скорость соударения составляла около 1,7 км/с, а кинетическая энергия удара по отношению к массе спутника в ходе этих двух испытаний составляла приблизительно 40 дж/г. Соударения фиксировались камерой для

сверхскоростной съемки Японской вещательной корпорации. Полученные результаты помогут лучше понять характеристики объектов с высоким отношением площади к массе и усовершенствовать модели разрушения для более точного моделирования среды орбитального мусора.

11. Получение дополнительных знаний о форме фрагментов имеет важное значение для повышения точности оценки отношения площади к массе каждого фрагмента. Это важно также для достоверной оценки вероятности непробития космических аппаратов, например Международной космической станции. Все фрагменты, собранные в ходе предыдущих ударных испытаний (А/АС.105/918), были проанализированы на основе их трех ортогональных размеров: x , y и z , где x – наибольшая длина, y – наибольшая длина в плоскости, перпендикулярной x , а z – наибольшая длина в плоскости, перпендикулярной как x , так и y . В распределении фрагментов в сопоставлении x/y и y/z можно отметить две группы: фрагменты с большими значениями x/y имеют форму иглы, а фрагменты с меньшими значениями x/y – пластины. Фрагменты с меньшими значениями x/y могут иметь различное значение y/z и иметь форму коробки (при меньших значениях y/z), иглы (при больших значениях y/z) и пластины (при промежуточных значениях y/z).

Электродинамический трос для ускорения схода с орбиты неиспользуемых космических аппаратов

12. Для сохранения орбитальной среды недостаточно бороться лишь с образованием космического мусора, поскольку в районе некоторых орбит уже наблюдалась цепная реакция столкновений между существующими фрагментами космического мусора. Наиболее эффективной мерой по улучшению орбитальной среды явилось бы удаление крупных объектов с заполненных космической техникой орбит. Одним из технических решений, обеспечивающих эффективное с точки зрения затрат осуществление программ по удалению мусора с орбит, может быть использование системы электродинамического троса, позволяющее замедлить скорость неиспользуемых космических объектов и сократить время их нахождения на орбите. В рамках ДЖАКСА проводятся исследования и опытно-конструкторские работы по системам, использующим электродинамический трос. В настоящее время усилия направлены на разработку компактной системы с электродинамическим тросом, которую с помощью небольшого спутника планируется продемонстрировать на орбите.

Коэффициент успешного осуществления проектов по использованию электродинамического троса для активного удаления мусора

13. В качестве одного из своих пунктов действий МККМ определил "потенциальные выгоды и риски, связанные с использованием электродинамических тросов для сведения с НОО космических аппаратов по окончании их срока службы". У троса жила тонкая, но длинная, и поэтому она имеет большую площадь и уязвима с точки зрения столкновений с небольшими частицами. Такая уязвимость троса, возможно, является самым слабым местом в тросовой системе удаления орбитального мусора. Для преодоления этой проблемы было предложено перспективное решение, предусматривающее две жилы в тросе, которые соединены через определенные промежутки и образуют

равномерно разнесенные петли. В качестве вклада по этой теме Университет Кюсю разработал математическую модель для оценки вероятности выживания такой системы с двужильным тросом.

14. После того как работа по этому пункту была завершена, Университет Кюсю усовершенствовал разработанную им математическую модель. Созданная модель способна рассчитать максимальный коэффициент успешного осуществления проекта, который способна обеспечить система двойного троса с определенными промежутками между соединениями независимо от числа петель. В настоящее время Университет Кюсю использует новую модель для оценки коэффициента успешного осуществления проектов по использованию предложенной ДЖАКСА системы электродинамического троса. Дополнительная информация по этой теме будет опубликована в журнале *Advances in Space Research*.
