



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
8 December 1998

RUSSIAN
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

Национальные исследования по проблеме космического мусора, безопасное использование спутников с ядерными источниками энергии и проблемы столкновения ядерных источников энергии с космическим мусором

Записка Секретариата

Содержание

	Стр.
I. Введение	1
II. Ответы, полученные от государств-членов	2
Канада	2
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	2

I. Введение

1. В пункте 29 своей резолюции 52/56 от 10 декабря 1997 года Генеральная Ассамблея отметила, 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, 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 18 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 17 июля 1998 года Генеральный секретарь предложил всем государствам-членам направить Секретариату к 30 сентября 1998 года упомянутую выше информацию, с тем чтобы Секретариат смог подготовить доклад, содержащий эту информацию, для представления Подкомитету на его тридцать шестой сессии.

4. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от государств-членов и международных организаций

по состоянию на 1 декабря 1998 года. Информация, поступившая после этой даты, войдет в соответствующие добавления к настоящему документу.

II. Ответы, полученные от государств-членов*

Канада

Канада придает большое значение проблеме космического мусора. Однако, учитывая тот факт, что масштабы деятельности в области космического мусора выходят за пределы возможностей Канады, она решила сконцентрировать свои усилия на исследовательских и аналитических работах в определенных областях. Две области, которые представляют интерес и в которых ведутся работы, включают наблюдение за космическим мусором и избежание ущерба, наносимого этим мусором.

Что касается наблюдения за космическим мусором, то в 1997 году Канада возглавила международную группу по измерению метеоритного потока Леонид. В настоящее время после успешной кампании и инструментальной проверки разрабатываются планы, согласно которым Канада возглавит намного более крупную и более комплексную кампанию по изучению метеоритного потока Леонид-98. Хотя сообщество метеорных тел и не является собственно частью сообщества орбитального мусора, оно все же образует значительный сегмент распределения массы поступающих частиц, в отношении которых следует предусмотреть защитные меры. Основным пунктом оптического наблюдения будет располагаться на территории Монголии, а пункт вспомогательного оптического наблюдения и микроволнового зондирования — на территории северной Австралии. Планируется передача данных в реальном времени на североамериканские объекты в целях обеспечения данными коммерческих эксплуатантов. Предстоящий ливень метеоритного потока Леонид, как ожидается, будет самым крупным на сегодняшний день, поскольку на орбиту выведено значительное число космических объектов.

* Ответы воспроизводятся в том виде, в каком они были получены.

Работа в области защиты от повреждений и их предупреждения на таких композитных структурах, как многоспектральный сканер, продолжается с использованием гиперактивности в Соединенных Штатах Америки и Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии. Цель этих исследований заключается в разработке более совершенных методов защиты будущего космического оборудования.

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

Соединенное Королевство по-прежнему играет активную роль в решении проблемы космического мусора. Здесь реализуется широкая исследовательская программа, охватывающая важные 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 Европейского космического агентства (ЕКА), а на международном уровне — в рамках Межучрежденческого координационного комитета по космическому мусору (МККМ) и Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях (КОПУОС). Эти программы координируются Британским национальным космическим центром (БНКЦ).

БНКЦ был одним из организаторов практикума по проблеме космических опасностей, созданного Управлением оборонных исследований и анализа Соединенного Королевства (ДЕРА) в Фарнборо 21—22 октября 1998 года. В нем приняли участие ведущие европейские ученые в области космического мусора, которые рассмотрели такие вопросы, как базовые исследования космического мусора, разработки моделей и практическое использование рекомендаций промышленностью.

29 января 1998 года в Королевской Гринвичской обсерватории (Херстмонсо-Касл) состоялось совещание Координационной группы Соединенного Королевства, в котором приняли участие представители следующих организаций и компаний: "Аванст систем архитекторс", БНКЦ, "Сенчури дайнемикс", ДЕРА, "Флюид грэвити инджиниринг", Министерство обороны, "Матра Маркони спейс", Королевская Гринвичская обсерватория, Кренфилдский, Кентский, Лондонский и Саутгемптонский университеты. Были представлены доклады по широкому кругу вопросов: работа

предыдущего совещания МККМ, состоявшегося в Хьюстоне, Техас; достижения в разработке аппаратуры слежения за космическим мусором; разработка новых моделей космический мусор/метеорные тела и достигнутые результаты; и исследования, касающиеся защиты от космического мусора.

Соединенное Королевство в рамках МККМ в полном объеме участвовало в работе совещаний в Хьюстоне в декабре 1997 года и совещания Руководящей группы (Нагоя, Япония, 15 июля 1998 года).

Ниже приводятся сведения об исследованиях и публикациях, подготовленных по их результатам организациями Соединенного Королевства, участвующими в исследовании проблем космического мусора.

А. Кентский университет

Кентский университет через Секцию космических наук вносит большой вклад во все аспекты исследования проблемы космического мусора. Он по-прежнему занимает видное положение в этой области благодаря участию в работе ряда важнейших международных форумов, таких как тридцать вторая сессия Научной ассамблеи Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР)^{1, 2, 3, 4} и Симпозиум по соударениям на гиперзвуковых скоростях, состоявшийся в 1998 году^{5, 6}. Исследования по-прежнему сосредоточены на следующих вопросах: проектирование и разработка детекторов мусора *in situ*; анализ результатов соударений с помощью детекторов и на поверхностях возвращенных на землю космических аппаратов; и определение характеристик композиционных материалов для космических объектов в условиях соударений на гиперзвуковых скоростях. Эти исследования более подробно обсуждаются ниже.

Детекторы космического мусора. Продолжалась подготовка к предстоящим трем полетам, и созданы приборы для работы в космосе в виде компактного и дешевого космического датчика DEBIE (прибор для оценки мусора на орбите). Финский консорциум оказывает помощь в работе, связанной с одним из этих полетов, обеспечивая изготовление прибора спутника PROBA, запуск которого планируется ЕКА на 2000 год. Испытания, проведенные в Кентском университете на ускорителе микрочастиц мощностью 2 МВ, позволили установить выход плазмы при соударениях, конструктивные данные и коэффициенты данных,

что дает возможность оптимизировать издержки и обработку данных. Программой этого полета также предусматривается, что анализ данных будет выполняться в Кентском университете. Что касается второй возможности — запуск спутника STRV 1C, — то программой разработок и испытаний Кентского университета установлен график работ, предусматривающий изготовление этой космической аппаратуры к октябрю 1998 года. Этот полет, ныне запланированный на август 1999 года, будет по времени совпадать с ливнем метеорных тел Леонид в ноябре 1999 года. Третья возможность полета для прибора DEBIE, выбранного для работы на Международной космической станции, обеспечит получение целенаправленной информации о потоке мусора и метеорных тел вблизи крупных космических структур.

Анализ возвращенных из космоса поверхностей. Панели солнечных батарей, возвращенные на землю после полета космического телескопа Хаббла в 1993 году, которые в течение 3,62 года подвергались космическому воздействию на высоте около 600 километров, продолжают изучаться на предмет определения реального состава космического мусора и микрометеорных тел на низкой околоземной орбите. Воздействие соударений частиц из этих сообществ на гиперзвуковых скоростях с космической аппаратурой не позволяет судить о первичных соударяющихся частицах, в связи с чем трудно определить первичную природу этих частиц. Однако последние работы по переоценке элементов солнечных батарей космического телескопа Хаббла с использованием аналитических методов электронной микроскопии позволили получить определенные успешные результаты. Эти исследования продемонстрировали, что с помощью изучения аппаратуры после ее возвращения из космоса можно получить весьма ценную информацию о сообществе космического мусора. На основе этих исследований Кентский университет (по контракту с ЕКА) вывел новые величины потоков космического мусора на низких околоземных орбитах для моделей космического мусора Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА).

Определение ударных характеристик композиционных материалов. Помимо определения характеристик среды космического мусора Кентский университет также активно занимался определением последствий соударений космического мусора на гиперзвуковых скоростях с конструкционными материалами космических аппаратов. К этим материалам, как правило,

относятся алюминиевые или тканые композиционные материалы облицовочных листов. Для большинства космических аппаратов, находящихся на низкой околоземной орбите, они обеспечивают экранирование и первичную защиту от соударений с космическим мусором и метеоритными частицами. Результаты программы исследования соударений с использованием двухступенчатой газоплазменной пушки Кентского университета показали, что порог перфорации выбранных композиционных мишеней в значительной степени зависит от угла соударения. На следующем этапе исследования будут сосредоточены на построении уравнения баллистического предела, которое явится ценной дополнительной информацией, оказывающей помощь в процессе проектирования конструкции спутников.

В. Лондонский университет

Группа исследователей космического мусора в колледже "Куин Мэри энд Вестфилд" Лондонского университета разрабатывает модели источников микромусора, встречающихся в космическом пространстве. Это моделирование дополняет работы, ведущиеся в Кентском университете. Разрабатывается несколько эмпирических моделей, с помощью которых предполагается определить объем микромусора, 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 находится.

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-Карло⁷, 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 другом. В последнее время эта модель использовалась для статистического анализа неопределенности, с тем чтобы повысить качество оценок риска соударений космического мусора в "окнах" для запуска МТКК "Спейс шаттл"⁸. Компьютер-

ные расчеты показывают, что из-за соударений с космическим мусором для большинства полетов космического корабля "Спейс шаттл", запускаемого в промежутках между "окнами" 0 и 2, потребуется перенести "окна" запуска.

С. Саутгемптонский университет

Саутгемптонский университет по-прежнему сосредоточивает свои усилия на изучении столкновений и анализе риска в краткосрочной перспективе. Набор программ моделирования, получивший название "Комплект имитации космического мусора", позволяет рассмотреть последствия разрушения космического аппарата, вызванного столкновением или взрывом, а также краткосрочную эволюцию появившегося в результате этого облака космического мусора. Применяя обобщающий подход к методу вероятностной динамики континуума в программном обеспечении, можно вести наблюдение за траекториями образующихся в таких случаях осколков и определять вероятность их столкновения с другими объектами, а в случае столкновения — оценивать уровень ожидаемого повреждения. Недавно эта модель использовалась для анализа разрушения объекта вблизи Международной космической станции и для оценки вероятности соударения, вызывающего повреждение. Об этой работе будет сообщено на сорок девятом Международном астронавтическом конгрессе (крупном международном форуме с широким участием представителей организаций в области космических исследований).

Д. Компания "Матра Маркони спейс"

Промышленность Соединенного Королевства по-прежнему признает вредное воздействие космического мусора на спутники. Компания "Матра Маркони спейс" возглавляет консорциум в составе Кентского университета и ДЕРА, изучающий более совершенные методы обеспечения недорогой защиты для беспилотных космических аппаратов. Эта работа позволила создать две базовые конструкции защиты⁹, которые будут испытаны на удары с помощью газоплазменной пушки, созданной в Кентском университете. Полученные в ходе испытаний результаты позволят установить эффективность различных конфигураций защиты на сопротивление проникающим ударам космического мусора. В конечном счете это позволит английским и европейским предприятиям — изготовителям спутников применять самую прочную и экономичную защиту от косми-

ческого мусора при проектировании будущих спутников.

Е. Компания "Сенчури дайнемикс"

Компания "Сенчури дайнемикс", постоянно работающая над совершенствованием гидрокода AUTODYN-2D™, сохраняет уникальную способность исследовать процессы столкновений на гиперзвуковой скорости. Во взаимодействии с Секцией космических наук Кентского университета компания завершила программу имитаций с целью изучения реакции хрупких материалов на различные условия столкновений на гиперзвуковой скорости¹⁰. Эта работа имеет очень большое значение, поскольку позволяет провести сравнение для оценки точности результатов имитации в гидрокоде, а также предоставляет конструктору средство, с помощью которого можно начать исследования реакции материалов, обычно используемых при создании космических аппаратов, на соударение с космическим мусором и метеорными телами.

Компания "Сенчури дайнемикс" продолжает решать проблему интенсивного использования компьютеров для моделирования в гидрокоде путем оценки правильного баланса между показателями скорости и точности. Выполняя эту работу, она сотрудничала с ДЕРА в применении в своих моделях таких новых методик, как плавная гидродинамика частиц. Наконец, компания "Сенчури дайнемикс" занимает передовые позиции в области разработки физических моделей прочных и легких материалов, таких как некстел и кевлар¹². Эти материалы все шире используются при проектировании космических аппаратов, особенно для их защиты от космического мусора, и поэтому выполняемая работа так важна для понимания их ударных характеристик.

Е. Управление оборонных исследований и анализа

Управление оборонных исследований и анализа (DERA) отвечает за техническую координацию программы Соединенного Королевства по исследованию космического мусора. Помимо этого, DERA разрабатывает ряд средств программного обеспечения аналитических исследований.

Первое — комплект программного обеспечения, называемый Комплексный набор программ по эволюции космического мусора (IDES)¹³, — позволяет обеспечить оценку риска столкновения космического аппарата с космическим мусором в

ходе 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. Она позволяет также прогнозировать эволюцию орбит объектов, 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 собой. Этот процесс признания достоверности прогнозов представляет собой постоянную задачу, поскольку среда космического мусора по своей природе в высшей степени динамична.

Высокая степень достоверности, о которой свидетельствовало постоянное соответствие прогнозов фактическим данным, побудила пользователей программы IDES применять ее в режиме прогнозов. Это дало возможность определить воздействие запланированных на будущее систем. В ряде исследований продолжается изучение влияния систем спутниковой связи (сообществ) на низких околоземных орбитах на рост объема космического мусора на орбите¹⁴. 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 спутники, составляющие сообщество, станут в большей мере подвержены столкновениям. Изучаются также последствия внедрения мер по смягчению воздействия космического мусора, таких как снятие с орбит спутников по окончании срока их службы¹⁵. Предлагаемые ныне сценарии смягчения воздействия космического мусора, по-видимому, представляют собой лишь частичное решение проблемы роста объема мусора в космическом пространстве и сопутствующего риска столкновения с ним спутников.

Наряду с этим средством моделирования условий космического пространства разрабатывается программное средство PLATFORM для сравнительной оценки риска и проектных характеристик космических аппаратов, способное синтезировать данные о сообществе космического

мусора, прогнозируемые программой IDES, и устанавливать распределение соударений космического мусора с указанным спутником, когда он находится на орбите в космическом пространстве. Опираясь на эти данные о соударениях и зная конфигурацию указанного спутника, программа PLATFORM способна рассчитать выживаемость спутника. Модель PLATFORM связана с новым разрабатываемым модулем под названием SHIELD¹⁶, предназначенным для того, чтобы определять оптимальный выбор защиты и конфигурации отдельных элементов спутника. В процессе оптимизации применяется генетический алгоритм, который идеально подходит для рассмотрения таких конструкционных ограничений космических аппаратов, как поддержание баланса тепловых характеристик и массы. Сочетание программ IDES и PLATFORM/SHIELD дает специалистам мощное средство проектирования спутников с учетом технических проблем, которые могут появиться в будущем в результате воздействия космического мусора.

Примечания

¹ G.A. Graham and others, "The collection of micrometeoroid remnants from low Earth orbit", доклад, представленный на тридцать второй сессии Научной ассамблеи КОСПАР, Нагоя, Япония, июль 1998 года.

² J.A.M. McDonnell and others, "APSYS—Aerogel position-sensitive impact sensor; Capabilities for *in situ* collection and sample return", доклад, представленный на тридцать второй сессии Научной ассамблеи КОСПАР, Нагоя, Япония, июль 1998 года.

³ J.A.M. McDonnell, N. McBride and S. F. Green, "Meteoroids and small-size debris in LEO and at 1AU: results of recent modelling", доклад, представленный на тридцать второй сессии Научной ассамблеи КОСПАР, Нагоя, Япония, июль 1998 года.

⁴ E.A. Taylor and others, "Space debris impacts on HST and Eureka solar arrays compared with LDEF using a new glass-to-aluminium conversion", доклад, представленный на тридцать второй сессии Научной ассамблеи КОСПАР, Нагоя, Япония, июль 1998 года.

⁵ G.A. Graham and others, "Natural and simulated hypervelocity impacts in solar cells", доклад, представленный на Симпозиуме по соударениям на гиперзвуковых скоростях, Хантсвилл, Алабама, Соединенные Штаты Америки, ноябрь 1998 года.

⁶ E.A. Taylor, M.K. Herbert and J.A.M. McDonnell, "Hypervelocity impact on carbon-fibre-reinforced plastic/aluminium

honeycomb: comparison with Whipple bumper shields", доклад, представленный на Симпозиуме по соударениям на гиперзвуковых скоростях, Хантсвилл, Алабама, Соединенные Штаты Америки, ноябрь 1998 года.

⁷ L. Wang and J.P.W. Stark, "Direct simulation of space debris evolution", публикуется в *Journal of Spacecraft and Rockets*.

⁸ L. Wang and J.P.W. Stark, "Direct simulation of space shuttle space-debris flight damage", доклад No. IAA-98-IAA.6.4.02, представленный на сорок девятом Международном астронавтическом конгрессе, Мельбурн, Австралия, сентябрь — октябрь 1998 года.

⁹ J.E. Wilkinson, P. H. Stokes, G.G. Swinerd and R. Walker, "Implementation of a new approach to optimise satellite debris protection", доклад, представленный на двадцать первом Международном симпозиуме по космической науке и технике, Омия, Япония, май 1998 года.

¹⁰ E.A. Taylor and others, "Hydrocode modelling of hypervelocity impact on brittle materials: depth of penetration and conchoidal diameter", доклад, представленный на Симпозиуме по соударениям на гиперзвуковых скоростях, Хантсвилл, Алабама, Соединенные Штаты Америки, ноябрь 1998 года.

¹¹ C.J. Hayhurst and others, "Numerical simulation of hypervelocity impacts on aluminium and Nextel/Kevlar Whipple shields", доклад, представленный на Практикуме по защите от соударений на гиперзвуковых скоростях, Галвестон, Техас, Соединенные Штаты Америки, март 1998 года.

¹² C.J. Hayhurst and others, "Development of material models for Nextel and Kevlar-epoxy for high pressures and strain rates", доклад, представленный на Симпозиуме по соударениям на гиперзвуковых скоростях, Хантсвилл, Алабама, Соединенные Штаты Америки, ноябрь 1998 года.

¹³ R. Walker, P. H. Stokes, J. Wilkinson and G.G. Swinerd, "Enhancement and validation of the IDES orbital debris environment model", доклад, представленный журналу *Space Debris* для опубликования в первом номере (февраль 1999 года).

¹⁴ R. Walker, R. Crowther, J. Wilkinson, P.H. Stokes and G.G. Swinerd, "Orbital debris collision risks to satellite constellations", доклад, представленный на Международном практикуме по планированию полетов и созданию сообществ спутников Международной астронавтической федерации, Тулуза, Франция, ноябрь 1997 года.

¹⁵ R. Walker, R. Crowther, M. Cosby, P.H. Stokes and G.G. Swinerd, "The long-term impact of constellations on the debris environment after the implementation of debris mitigation

measures", доклад, представленный на сорок восьмом Международном астронавтическом конгрессе, Турин, Италия, октябрь 1997 года.

- ¹⁶ P.H. Stokes, R. Walker, J.E. Wilkinson and G.G. Swinerd, "Novel modelling solutions for debris risk reduction", доклад, представленный на тридцать второй сессии Научной ассамблеи КОСПАР, Нагоя, Япония, июль 1998 года.