



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/659
13 December 1996

RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

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

Записка Секретариата

СОДЕРЖАНИЕ

| | <u>Страница</u> |
|--|-----------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 2 |
| ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ | 3 |
| Бруней-Даруссалам | 3 |
| Болгария | 3 |
| Канада | 3 |
| Венгрия | 4 |
| Япония | 4 |
| Португалия | 7 |
| Республика Корея | 7 |
| Швеция | 7 |
| Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии | 7 |

ВВЕДЕНИЕ

1. В пункте 37 своей резолюции 50/27 от 6 декабря 1995 года Генеральная Ассамблея отметила, что государствам-членам необходимо уделять больше внимания проблеме столкновений космических объектов, включая ядерные источники энергии, с космическим мусором и другим аспектам проблемы космического мусора, и призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу в целях разработки усовершенствованных методов наблюдения за космическим мусором и сбора и распространения данных о космическом мусоре. В том же пункте этой резолюции Ассамблея отметила, что по мере возможности информацию по данному вопросу следует предоставлять Научно-техническому подкомитету Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.

2. В пункте 21 той же резолюции Генеральная Ассамблея предложила государствам-членам предоставлять Генеральному секретарю на регулярной основе информацию о национальных и международных исследованиях, касающихся безопасного использования спутников с ядерными источниками энергии.

3. В своей вербальной ноте от 19 июля 1996 года Генеральный секретарь предложил всем государствам-членам направить Секретариату к 30 сентября 1996 года упомянутую выше информацию, с тем чтобы Секретариат мог подготовить на ее основе доклад для представления подкомитету на его тридцать четвертой сессии.

4. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от государств-членов по состоянию на 6 декабря 1996 года. Информация, поступившая после этой даты, войдет в соответствующие добавления к настоящему документу.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ*

Бруней-Даруссалам

[Подлинный текст на английском языке]

Бруней-Даруссалам сообщает, что в настоящее время он не проводит никаких исследований по вопросу о космическом мусоре и не имеет спутников, работающих на ядерной энергии. Поэтому исследования по вопросу о возможных столкновениях ядерных источников с космическим мусором не проводятся.

Болгария

[Подлинный текст на английском языке]

Болгария сообщает, что в настоящее время она не поддерживает никаких космических программ с использованием спутников с ядерными источниками энергии на борту и не участвует в таких программах, а также не участвует в разработке или запуске в космос транспортных систем, которые могут привести к образованию космического мусора. Поэтому Болгария не располагает информацией ни о безопасном использовании спутников с ядерными реакторами на борту, ни о столкновениях таких спутников с космическим мусором.

В рамках Национальной аэрокосмической программы Республики Болгарии, рассчитанной на период до 2000 года, предусматривается проведение в 1997 году исследований по вопросу о загрязнении космического пространства.

Канада

[Подлинный текст на английском языке]

В связи с вопросом о столкновении КЛА с космическим мусором и методах минимизации образования космического мусора принимаются нижеследующие меры.

Для минимизации образования космического мусора в рамках программы РАДАРСАТ приняты две конкретные превентивные меры:

- Первая мера предусматривает установление в отношении конструкции систем требования о том, чтобы не допускалось образования никакого твердого мусора в результате функционирования механизма фиксации/разъединения. Иными словами, от всех подрядчиков требуется спроектировать систему таким образом, чтобы при выполнении космическим аппаратом намеченной программы не высвобождалось никакого мусора.
- Вторая категория превентивных мер предусматривает защиту космического аппарата РАДАРСАТ от уже существующего космического мусора. Эта мера принята с целью в максимально возможной степени обеспечить, чтобы в результате столкновения с космическим мусором спутник РАДАРСАТ преждевременно сам не превратился в такой мусор. Эта мера заключалась в определении параметров среды космического мусора, с которой может встретиться РАДАРСАТ, на основе использования базы данных НАСА "ЭнвиРОНЕТ". После этого был проведен анализ отдельных компонентов космического аппарата с целью определения их уязвимости перед этой предполагаемой средой. Оценка уязвимости проводилась с использованием уравнений, описывающих столкновения на гиперзвуковой скорости; кроме того, в Космическом центре НАСА им. Джонсона проводились практические испытания компонентов космического аппарата на удар при гиперзвуковых скоростях. Когда это требовалось, производилось усиление защиты

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

космического аппарата, с тем чтобы обеспечить приемлемый уровень его выживаемости. Меры защиты включали усиление термостойкого покрытия с помощью объемной керамической ткани нектель, установку бамперов, прикрывающих внешние трубопроводы гидразина и жгуты электрических проводов, и утолщение кожухов некоторых компонентов с целью предохранить имеющиеся в них сети.

Венгрия

[Подлинный текст на английском языке]

Венгрия сообщает, что в настоящее время она не проводит никаких исследований по вопросу о космическом мусоре и не имеет спутников, работающих на ядерной энергии. Поэтому исследования по вопросу о возможных столкновениях источников ядерной энергии с космическим мусором не проводятся.

Япония

[Подлинный текст на английском языке]

А. Введение

Японская государственная комиссия по космической деятельности (ККД) изложила политику Японии по вопросу о космическом мусоре в докладе о долгосрочной концепции Японии в области освоения космического пространства, который был опубликован в июле 1994 года¹.

"Япония будет стремиться разрабатывать такие системы, которые будут оставлять в космосе как можно меньше мусора. Что касается того мусора, который уже имеется в космосе, то мы будем сотрудничать с другими странами в изучении путей сокращения его количества".

На основе этого доклада 24 января 1996 года ККД пересмотрела основополагающую политику Японии в области космической деятельности². В этом документе содержится первое политическое заявление Японии по вопросу о сохранении космической среды.

Систематическая или организованная деятельность в этой области осуществляется с 1990 года, когда Японское общество по аэронавтике и космическим наукам (ЯОАКН) создало исследовательскую группу по проблеме космического мусора³. Исследовательская группа, в состав которой входит более 30 членов, представляющих организации и предприятия, занимающиеся космической деятельностью, в январе 1992 года опубликовала промежуточный доклад, а в марте 1993 года — окончательный доклад. Реализацией некоторых рекомендаций, содержащихся в докладе, занимаются две недавно созданные исследовательские группы ЯОАКН.

С 1992 года Япония (НАЛ, НАСДА, ИСАС и другие организации, имеющие отношение к космической деятельности) является также членом Межучрежденческого координационного комитета по космическому мусору (МККМ) и следит за положением в этой области на основе обмена информацией и участия в работе МККМ, МАФ, КОСПАР, ИСКОПС и других международных и национальных конференций.

В настоящем докладе приводится краткий обзор хода осуществления в Японии последних научно-исследовательских проектов и практической деятельности по уменьшению количества мусора в космическом пространстве.

В. Ход осуществления последних научно-исследовательских работ

1. Анализ по итогам полета КЛА

Исследовательская группа ЯОАКН, Национальная аэрокосмическая лаборатория (НАЛ) и другие организации совместно проводят анализ результатов полета Космического летательного аппарата (КЛА). КЛА представляет собой непилотируемый, ориентируемый по Солнцу спутник многоразового использования со стабилизацией по трем основным осям — первый аппарат подобного рода, созданный Японией. Это — восьмигранник диаметром 4,46 метра, высотой 3 метра и весом около 4 тонн. Он был выведен на орбиту в результате 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 на высоте 500 км под углом наклона 28,5 градуса. В настоящее время успешно проходит анализ следов столкновений космического мусора и микрометеороитов с аппаратом — в общей сложности обнаружено 337 следов удара диаметром 200—1000 мкм главным образом на каптоновой и тефлоновой МСИ^{4, 5}.

2. Испытания на удар на гиперзвуковых скоростях

Национальное агентство по освоению космического пространства Японии (НАСДА), которое отвечает за применение на практике результатов космических исследований в Японии, проводит ряд испытаний на удар с использованием двухсекционной водородной газовой пушки в связи с проектированием композиционного бампера ЯЭМ и усиленного графитовой тканью пластикового рукава для руки дистанционного манипулятора ЯЭМ⁶.

В сотрудничестве с МХИ и компанией "Чугоку кемиклз" НАЛ проводит испытания на удар с использованием профилированных грузов. Используемые грузы имеют цилиндрическую форму диаметром 7,0 см и длиной 14,7 см; угол покрытия составляет 13 градусов, а толщина алюминиевого покрытия — 2,1 мм. В результате интенсивных исследований оптимальных параметров с использованием как метода ингибитора, так и метода реактивной плиты был выбран медный ингибитор с диаметром отверстия в 15 мм. С помощью этого ингибитора была получена цельная цилиндрическая струя без инверсионного следа. Масса частиц струи составляет около 1,9 г, а полученная скорость — порядка 10,6 км/сек⁷. НАЛ и МХИ планируют усовершенствовать метод использования ингибированной и профилированной нагрузки для проведения испытаний на удар ЯЭМ.

С. Методы уменьшения количества космического мусора

НАСДА осуществляет слив остатков топлива (жидкого кислорода, жидкого водорода, N₂H₄) и остатков газообразного гелия из вторых ступеней ракет-носителей Н-I и Н-II. При отделении спутников и развертывании панелей солнечных батарей удавалось избежать высвобождения механических элементов, за исключением некоторых отдельных запусков, например запусков геостационарных метеорологических спутников, в частности, когда происходит отделение отработавших двигателей, используемых для вывода спутника на апогей орбиты. Для предотвращения непреднамеренного разрушения вторых ступеней ракеты-носителя Н-II сразу после вывода аппарата на орбиту отключается система управления самоуничтожением, а ее пиромеханизм оснащается теплоизоляцией, чтобы исключить самопроизвольное возгорание⁸.

Хотя меры, принимаемые в рамках программ НАСДА, представляются относительно недорогими, они дают довольно эффективные результаты. Например, время пребывания на орбите второй ступени ракеты-носителя Н-II ETS-VI (1994-056B) сокращено примерно до 7 месяцев⁹. (Она вошла в плотные слои атмосферы 31 марта 1995 года.)

Меры по ограничению образования космического мусора должны разрабатывать и осуществлять на многосторонней основе страны, имеющие свои космические программы. Комитет ЯОАКН по разработке стандартов проектирования в целях предотвращения образования космического мусора в марте 1996 года опубликовал окончательный доклад¹⁰ в отношении стандартов и критериев проектирования НАСДА. На основе рекомендаций, содержащихся в этом докладе, 28 марта 1996 года НАСДА приняло¹¹ "стандарт для уменьшения образования космического мусора" NASDA-STD-18. На 20-м Международном симпозиуме по космической науке и технологии, состоявшемся в Гифу, Япония,

19—20 мая 1996 года¹², сопоставлялись руководящие принципы и процедуры оценки, изложенные в стандарте техники безопасности 1740.14 НАСА и стандарте 18 НАСДА, и подробное изложение согласованного стандарта предполагалось представить на 47-м Международном конгрессе астронавтики, который должен состояться в Пекине 7—11 октября 1996 года¹³.

С целью резко сократить расходы на транспортировку и содействовать защите космической среды от загрязнения Япония проведет перспективные НИОКР, направленные на разработку новых транспортных систем, в полной мере пригодных для многократного использования и основанных на новой концепции проектирования, предполагающей применение на более высоком уровне результатов разработки усовершенствованных технологий ракеты-носителя H-II и орбитального самолета HOPE¹.

В заключение следует отметить, что для обеспечения долговременной и активной деятельности человека по освоению космического пространства необходимо защищать космическую среду от загрязнения ее космическим мусором. Меры в этой области следует принять уже сейчас, пока проблема космического мусора еще поддается решению и пока связанные с этим расходы еще относительно невысоки.

Примечания

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

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

³S. Tada and T. Yasaka, "Space debris studies in Japan", *Adv. Space Res.*, vol. 13, No. 8, 1993, pp. 289-298.

⁴K. Kuriki et al., "Preliminary results of SFU post flight analysis: Japan's first investigation of a retrieved spacecraft from space", to be published in ISAS Report.

⁵M.J. Neish et al., "Hypervelocity impact damage to space flyer unit multi-layer insulation", abstract submitted to 7th Symposium of Materials in the Space Environment, to be held at Toulouse, France, 16-20 June 1997.

⁶K. Shiraki, F. Terada and M. Harada, "JEM design progress for the micro-meteoroid and orbital debris protection", 96-m-21, 20th ISTS, Gifu, Japan, May 19-25, 1996.

⁷M. Kobayashi et al., "Study of hypervelocity impact testing with shaped charge", 96-m-19, 20th ISTS, Gifu, Japan, May 19-25, 1996.

⁸T. Ujino et al., "Debris prevention plans of the H-II rocket", IAF-93-V.5.633, 44th IAF, Graz, Austria, October 1993.

⁹A. Takano, T. Tajima and Y. Kanoh, "Recent efforts toward the minimization of GTO objects and its practices in NASDA", IAA.6.5.03, 46th IAF, Oslo, Norway, October 1995.

¹⁰Report on the Study for Establishment of the Orbital Debris Mitigation Design Standards (in Japanese), Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, March 1996.

¹¹Space Debris Mitigation Standards (in Japanese), NASDA-STD-18, March 28, 1996.

¹²R. Reynolds et al., "Guidelines and assessment procedures to limit orbital debris generation", 96-m-15V, 20th ISTS, Gifu, Japan, May 19-25, 1996.

¹³A. Kato, "NASDA Space Debris Mitigation Standard", IAF-96-V.6.06, 47th IAF, Beijing, China, October 7-11, 1996.

Португалия

[Подлинный текст на английском языке]

Португалия сообщает, что в настоящее время она не имеет космических объектов, работающих на ядерной энергии. Поэтому никаких исследований по вопросу о возможном столкновении ядерных источников энергии с космическим мусором не проводится.

Республика Корея

[Подлинный текст на английском языке]

Республика Корея сообщает, что в настоящее время функционируют выведенные ею на орбиту два спутника КИТСАТ и два спутника КОРЕАСАТ. С учетом того, что первый спутник КИТСАТ I, запущенный в 1992 году, рассчитан на пять лет эксплуатации, до 1997 года спутники Республики Кореи не приведут к образованию космического мусора. В отношении национальных исследований по проблеме космического мусора Республика Корея сообщает, что она начала проведение некоторой предварительной исследовательской деятельности, касающейся, в частности, отслеживания космического мусора.

Швеция

[Подлинный текст на английском языке]

Швеция сообщает, что самостоятельно она не проводит никаких национальных исследований по вопросу о космическом мусоре, но поддерживает деятельность, осуществляемую в этой области в рамках Организации Объединенных Наций, ЕКА и других форумов. Шведская промышленность ("Сааб Эрикссон спейс") в настоящее время проводит исследования в области технического проектирования систем отделения полезной нагрузки с целью уменьшить образование нового мусора.

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

[Подлинный текст на английском языке]

В 1996 году Национальный центр космических исследований Великобритании совместно с национальными космическими учреждениями Франции (ЦНЕС), Германии (ДАРА) и Италии (АСИ), а также Европейским космическим агентством продолжал переговоры по вопросу о согласовании деятельности по решению проблемы космического мусора. Группа этих учреждений подготовила доклад, в котором обобщаются имеющиеся в Европе технические возможности и опыт, которые позволяют решать проблемы образования космического мусора.

Четвертое совещание Координационной группы Соединенного Королевства по проблеме орбитального мусора состоялось 14 мая 1996 года в отделении "Матра Маркони спейс" в Бристоле, Англия. На этом совещании присутствовали представители научных и промышленных кругов, а также правительственных учреждений, включая Национальный центр космических исследований Великобритании, Управление геологической съемки Великобритании, компанию "Флюид грейвити инджиниринг", Крэнфилдский колледж авиации, "Эдванс системз архитекчурз", "Сенчури дайнемикс", "Матра Маркони спейс", Гринвичскую астрономическую обсерваторию, "Куин Мэри энд Уэстфилд колледж", СИРА, "Вега", Кентский университет и Агентство по исследованиям в области обороны. На совещании состоялись обсуждения и были представлены документы по следующим вопросам: оптическое и радиолокационное обнаружение мусора на орбите, прогнозирование последствий с точки зрения солнечной активности и состояния атмосферы, проектирование оптических систем обнаружения мусора, прогнозирование долгосрочных тенденций количества мусора на орбите, немодульные источники мусора, предполагаемое количество микроскопических частиц на орбите, которое можно установить на основе анализа возвращенных с орбиты космических обломков, и моделирование с помощью гидрокода. Состоялся также специальный семинар по проблемам использования гидрокодов для моделирования столкновений с метеоритами и космическими осколками

на гиперзвуковых скоростях. Это совещание было довольно представительным, что позволило обсудить и скоординировать национальные программы с международной деятельностью таких органов, как Межучрежденческий комитет по космическому мусору и Комитет Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях. Следующее совещание состоится в 1997 году в Гринвичской астрономической обсерватории в Херстмонсо, Англия.

Делегация Соединенного Королевства присутствовала на 13-м совещании Межучрежденческой координационной группы по проблеме космического мусора (МКГМ), которое состоялось 28 февраля — 1 марта 1996 года в Дармштадте, Германия. Это совещание явилось свидетельством признания растущей опасности космического мусора и необходимости международного решения этой глобальной проблемы. Хотя Соединенное Королевство участвовало в деятельности МКГМ с самого начала создания этой группы в качестве члена ЕКА, это было первое совещание, на котором Соединенное Королевство присутствовало в качестве независимого члена. В состав МКГМ входят Европейское космическое агентство (ЕКА), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), Российское космическое агентство (РКА), Китайское национальное управление космонавтики (КНУК), Япония, Индийская организация космических исследований (ИСРО) и Французское космическое агентство (ЦНЕС).

Значительный интерес к проблеме возвращения таких объектов космического мусора, как капсула "Китай 40" (FSW-1), побудил Соединенное Королевство принять участие в работе семинара по вопросу о возвращении объектов космического мусора, организованного Европейским космическим агентством и состоявшегося в Европейском центре космических операций в Дармштадте 17 сентября 1996 года.

В течение 1996 года исследовательские группы Соединенного Королевства подготовили ряд технических документов по этому вопросу. В примечаниях к настоящему докладу перечислены некоторые опубликованные документы.

A. Анализ поверхностей возвращенных космических объектов и морфология ударов

Кентский университет продолжает свою работу по анализу поверхностей космических обломков и моделированию столкновений на гиперзвуковых скоростях. Опубликован целый ряд документов по новой работе, в результате которой были получены данные о реакции хрупких материалов на удары при столкновениях на гиперзвуковых скоростях^{1, 2, 3} и новые сведения о количестве мусора, полученные в ходе космических экспериментов^{4, 5}. Была также проведена важная работа по изучению явлений, связанных со столкновениями на гиперзвуковых скоростях, которые могут причинить ущерб спутникам, в частности образование плазмы при столкновениях⁶. Проводится также значительная работа по моделированию процесса образования космического мусора⁷.

B. Наземное обнаружение

Отдел электрооптики СИРА участвует в разработке и конструировании электронных элементов камеры CCD, а также программного обеспечения процессов измерений и сбора данных для камеры оптического обнаружения космического мусора, которая будет установлена на спутнике "Tenerife" в 1997 году. Эта работа финансируется Европейским космическим агентством. Служба геологической съемки Великобритании проводит исследования по моделированию атмосферных воздействий⁸ на траектории спутников и орбитальных обломков. Гринвичская астрономическая обсерватория продолжает участвовать в обнаружении орбитальных обломков с помощью наземных оптических систем^{9, 10}.

C. Моделирование столкновений

"Сенчури дайнемикс" продолжает разрабатывать программное обеспечение гидродинамического автодина для моделирования различных сценариев и ситуаций, связанных со столкновениями. При этом моделируются самые разные процессы — от общих исследований предельных баллистических показателей¹¹ до воспроизводства конкретных столкновений с толстыми¹² и тонкими пластинами¹³. Факультет аэрокосмических исследований Крэнфилдского колледжа аэронавтики также участвует в

моделировании столкновений на гиперзвуковых скоростях в космическом пространстве¹⁴ с использованием кода DYN3D¹⁵ и в проведении оценки результатов полученных повреждений¹⁶.

D. Оценка риска и моделирование процессов образования космического мусора

Агентство по исследованиям в области обороны продолжает свою работу по моделированию процессов образования космического мусора¹⁷ и анализу рисков¹⁸, уделяя при этом особое внимание воздействию новых спутниковых систем¹⁹ на космическую среду²⁰. При этом, наряду с определением риска для спутников, анализируются меры защиты²¹. К его работе по анализу риска после разрушения орбитального объекта присоединился Университет Саутгемптона. С использованием новой разработки вероятностного метода континуальной динамики²² был проанализирован²³ ряд различных сценариев фрагментации²⁴. "Куин Мэри энд Уэстфилд колледж" Лондонского университета продолжает исследования методов моделирования процессов роста количества космического мусора в будущем²⁵ и оценку немодульных источников образования обломков, как, например, выброс в космос микрочастиц.

Эти исследования указывают на то, что Соединенное Королевство продолжает активно участвовать в самой разнообразной деятельности по изучению проблемы космического мусора и во многих случаях располагает для этого уникальными возможностями.

Примечания

¹E.A. Taylor, K. Edelstein and J.A.M. McDonnell, "Hypervelocity impact on float glass: morphology approaching the ballistic limit", paper B0.8-0007, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

²E.A. Taylor, N.R.G. Shrine and L. Kay, "Hypervelocity impact on semi-infinite brittle materials: fracture morphology related to projectile diameter", paper B0.8-0003, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

³A.D. Griffiths and J.A.M. McDonnell, "In-situ debris production from solar array surface impact spallation: results from the Hubble Space Telescope", paper B0.7-0007, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

⁴N.R.G. Shrine, J.A.M. McDonnell, M.J. Burchell, D.J. Gardner, H.S. Jolly, P.R. Ratcliff and R. Thomson, "EUROMIR '95: first results from the Dustwatch-P detectors of the European Space Exposure Facility", paper B0.8-0012, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

⁵J.A.M. McDonnell, P.R. Ratcliff and A.D. Griffiths, "In-situ detection of debris and meteoroids: development strategy on MIR and space station opportunities for debris monitors and meteoroid collectors", paper B0.7-0009, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

⁶P.R. Ratcliff, M.J. Cole and M. Reber, "Velocity thresholds for impact plasma production", paper B0.8-0010, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

⁷J.A.M. McDonnell, P.R. Ratcliff and C. Cook, "Particle lifetime studies in LEO for aerocaptured interplanetary dust", paper B0.8-0015, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

⁸T.D.G. Clark and A.D. Aylward, "Modelling the effects of thermospheric winds on satellite orbits", paper presented at ESTEC Symposium on Environment Modelling for Space-Based Applications, Noordwijk, Netherlands, 18-20 September 1996.

⁹J. Marchant, S. Green and J. Dick, "Real-time ground-based optical detection system for space debris", SPIE Conference, Denver, United States of America, August 1996.

¹⁰J.M. Marchant and S.F. Green, "Real-time ground-based space debris detection networks", paper B0.7-0005, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

¹¹C.J. Hayhurst, R.A. Clegg, I.A. Livingstone and N.J. Francis, "The application of SPH techniques in Autodyn-2D to ballistic impact problems", paper presented at 16th International Symposium on Ballistics, San Francisco, United States of America, 23-28 September 1996.

¹²C.J. Hayhurst and R.A. Clegg, "Cylindrically symmetric SPH simulations of hypervelocity impacts on thin plates", paper presented at 1996 Hypervelocity Impact Symposium, Freiburg, Germany, October 1996.

¹³C.J. Hayhurst, H.J. Ranson, D.J. Gardner and N.K. Birnbaum, "Modelling of microparticle hypervelocity oblique impacts on thick targets", *International Journal of Engineering*, Vol. 17, 1995.

¹⁴J. Campbell and R. Vignjevic, "Lagrangian hydrocode modelling of hypervelocity impact on spacecraft", Third International Conference on Computational Structures Technology, Budapest, Hungary, 21-23 August 1996.

¹⁵J. Campbell and R. Vignjevic, "Modelling hypervelocity impact in DYNA3D", 3rd International Conference on Dynamics and Control of Structures in Space, London, 28-29 May 1996.

¹⁶J. Campbell and R. Vignjevic, "Development of Lagrangian hydrocode modelling for debris impact damage prediction", Hypervelocity Impact Symposium, Freiburg, Germany, 7-10 October 1996.

¹⁷A. Shukry, I. Shukry, R. Walker and H. Stokes, "A database of historical satellite launches and future traffic predictions: applications for orbital debris environment models", paper B0.7-0012, 31st COSPAR Scientific Assembly, Birmingham, United Kingdom, 1996.

¹⁸R. Walker, S. Hauptmann, R. Crowther, H. Stokes and A. Cant, "Introducing IDES: characterising the orbital debris environment in the past, present and future", paper AAS 96-113, 6th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, Austin, Texas, United States of America, February 1996.

¹⁹R. Walker, R. Crowther and G.G. Swinerd, "The long-term implications of operating satellite constellations in the low earth orbit debris environment", paper B0.7-0031, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

²⁰R. Crowther, V. Marsh, H. Stokes and R. Walker, "Interactions between space system and the orbital environment", SPIE Conference, Denver, United States of America, August 1996.

²¹H. Stokes, R. Crowther, R. Walker and F. Aish, "Introducing PLATFORM: a new software programme to simulate debris and meteoroid impacts on space platforms", paper B0.7-0034, 31st COSPAR Scientific Assembly, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

²²S.P. Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "Debris-cloud collision risk analysis: polar-platform case study", *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 32, No. 5, 1995, pp. 905-911.

²³S.P. Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "Assessment of target survivability following a debris cloud encounter", paper presented at 1st International Workshop on Space Debris, Moscow, October 1995 (to appear in *Space Forum*, 1996).

²⁴S.P. Barrows, G.G. Swinerd and R. Crowther, "A comparison of debris cloud modelling techniques", *Advances in the Astronautical Sciences*, Vol. 89, Part II, 1996, pp. 1233-1247.

²⁵L. Wang, J.P.W. Stark and R. Crowther, "Direct Monte-Carlo simulation of collision frequency of orbital debris", IAA-95-IAA.6.4.02, 46th International Astronautical Congress, Oslo.