



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL
A/AC.105/619/Add.1
1 February 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

Добавление

1. Генеральный секретарь 4 августа 1994 года направил вербальную ноту всем государствам-членам, предлагая им представить информацию о проводимых национальных исследованиях по проблемам космического мусора, безопасности спутников с ядерными источниками энергии и столкновений ядерных источников энергии с космическим мусором.
2. В настоящем документе содержится информация, представленная в ответах, полученных от государств-членов в период с 1 ноября 1995 года по 31 января 1996 года.

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Страница</u>
ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ	2
Германия	2

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ

Германия

[Подлинный текст на английском языке]

Признавая важность проблемы космического мусора для всех космических держав, Германия с большим удовлетворением восприняла придание пункту "Космический мусор" статуса первоочередного пункта повестки дня Научно-технического подкомитета КОПУОС ООН. В целях придания обсуждениям этого пункта повестки дня большей целенаправленности Германия приняла активное участие в разработке плана работы (на 1996-1998 годы), принятого на тридцать второй сессии Научно-технического подкомитета.

Германия рассматривает внесение существенного вклада в проведение обсуждений по этому пункту повестки дня и в выполнение вышеупомянутого плана работы в качестве одного из самых приоритетных направлений деятельности. В этих целях Германия регулярно представляла КОПУОС ООН доклады о проведении национальных исследований по проблеме космического мусора. Последний такой доклад был издан в качестве документа Организации Объединенных Наций A/AC.105/593/Add.1 от 24 января 1995 года. В нем содержалось описание научно-исследовательских мероприятий в области космического мусора, а также рассказывалось о выработке Германским космическим агентством (ЦАРА) стратегии по этим вопросам.

Научные исследования Германии в этой области ведутся либо на национальной основе, либо финансируются в рамках контрактов, заключаемых с Европейским центром космических исследований и техники (ЕСТЕК) и Европейским центром космических операций (ЕСОК) Европейского космического агентства (ЕКА). Научные исследования сосредоточены в основном в а) Технологическом институте космических полетов и ядерных реакторов Технического университета Брауншвейга (ИФРР/ТУБС) и б) Центре прикладных научных исследований Вахтберг-Вертховен (ФГАН).

Эти два учреждения продолжали свою работу, в ходе которой были получены следующие основные результаты:

- ИФРР/ТУБС продолжал свою деятельность в области разработки и выверки моделей. Была завершена работа над проектом ЕКА MASTER (Земная эталонная модель метеоритного и космического мусора)¹. ЕКА/ЕСОК для изучения и опробования были переданы несколько КД ПЗУ, на которых содержатся данные модели и прикладное программное обеспечение. Открытое распространение ЕКА MASTER запланировано на начало 1996 года;
- основная цель исследований ФГАН, касающихся космического мусора, заключается в изучении и разработке радиолокационных средств и методов анализа, с помощью которых можно было бы опознавать, классифицировать и определять космические объекты, находящиеся на низких околоземных орбитах (НОО), геостационарных орбитах (ГСО) и геостационарных переходных орбитах (ГПО)^{2,3,4}. Получение данных радиолокационных

¹Final Report of ESOC-Contract 10453/93/D/CS, ESA/ESOC(MAS), 1994.

²Magura, K. and Mehrholz, D.: "Measurement and analysis techniques for satellite observations used at FGAN-FHP". Technical Report No. 8-93, FGAN-FHP, Wachtberg-Werthhoven, December 1993.

³Leushacke, L., Mehrholz, D., Perkuhn, D., Peters, H.G.: "Radar detection of mid-size space debris". Final report No. 6-94, ESA/ESOC Contract No. 10182/92/D/IM, FGAN-FHP, Wachtberg-Werthhoven, November 1994.

измерений отдельных космических объектов производится в рабочем режиме слежения с использованием радиолокационной системы слежения и получения изображений (ТИРА). На основе этих данных определяются такие физические свойства, как размер, форма, объем, подлинное движение, масса, орбита и продолжительность пребывания на орбите. Радиолокационное наблюдение определенных скоплений космического мусора в рабочем режиме лучевой концентрации позволяет получить данные о плотности популяции. Для выверки модели эта информация может быть сопоставлена с результатами изучения моделей засоренной космической среды. Эта деятельность финансируется главным образом ДАРА и ЕКА/ЕСОК.

Более подробная информация о деятельности этих двух учреждений приводится в разделах А и В ниже.

I. Моделирование и предупреждение космического мусора (ИФРР/ТУБС)

A. Моделирование космического мусора

ИФРР завершил работу над моделью космического мусора ЕКА MASTER. ЕКА/ЕСОК для изучения и опробования были переданы несколько КД ПЗУ, на которых содержатся данные модели и прикладное программное обеспечение. Открытое распространение ЕКА MASTER запланировано на начало 1996 года.

В. Увеличение количества орбитального мусора в будущем и предотвращение появления дополнительного мусора⁵

За последние годы роль моделирования космического мусора значительно изменилась, а функции такого моделирования существенно расширились. Первоначально эта работа проводилась в целях описания текущего состояния орбитального мусора, однако в настоящее время она приобретает более важное значение с точки зрения анализа будущих сценариев и применительно к мерам по ослаблению воздействия мусора. В настоящее время необходимо отметить, что на анализ будущих сценариев оказывает воздействие ряд факторов, выходящих за рамки чисто математического описания этой проблемы, например

- фактическая будущая частота запусков
- надежность модели вызываемых столкновением распадов
- статистические отклонения, особенно с учетом первоначальных низких оценок вероятности столкновений.

Поэтому для чистых результатов применения модели к тому или иному конкретному сценарию будет всегда характерна неопределенность, однако результаты анализа будущих сценариев можно использовать, например, для компаративного сопоставления эффективности мер по ослаблению воздействия космического мусора и для оценки определенных тенденций.

ИФРР/ТУБС завершил работу над финансируемым Германским космическим агентством (ДАРА) исследованием, в рамках которого был проанализирован ряд будущих сценариев путем имитирования ситуации с учетом объектов размером более одного сантиметра в диаметре, находящихся на орбитах высотой до 2 000 километров. Для этих целей использовалась специальная статистическая долгосрочная модель.

⁴Leushacke, L. and Mehrholz, D.: "Determination of physical characteristics of space debris". Final Report No. 6-95, DARA Contract No. 50 ST 9003, FGAN-FNP, Wachtberg-Werthhoven, July 1995.

⁵Bendisch, I. and Rex, D. "The long-term evolution of orbital debris - new findings concerning collisional cascading", 46th IAF Congress, Oslo, Norway, October 1995 (paper-no. IAA.-95-IAA.6.4.08).

Для усовершенствования использовавшихся до настоящего времени долгосрочных моделей был произведен ряд изменений. Прежде всего из модели ЕКА MASTER (Эпоха = 1995,0), которая является самым современным инструментом анализа, было взято первоначальное количество объектов размером более одного сантиметра. Это привело к сокращению количества первоначальных объектов размером более одного сантиметра по сравнению с ранее использовавшимся числом объектов. Эти результаты объясняются использованием в MASTER более реалистических моделей исторических распадов. Было сокращено не только первоначальное количество объектов. На основе несколько более реалистичных и осторожных предположений относительно массы выработавших ресурс спутников и корпусов ракет была сделана более низкая оценка общей массы на орбите. Были учтены занесенные в каталоги объекты, данные о которых не моделировались, а были взяты из источников, позволяющих установить их с точностью. В новом первоначальном объеме объектов скорее недооцениваются последствия взаимных столкновений, чем предполагаются нереальные риски, и, таким образом, на ее основе составлен минимальный сценарий на будущее.

Подробные характеристики некоторых проанализированных сценариев мер по ослаблению воздействия космического мусора являются следующими:

Сохранение "статуса-кво":	·	нынешняя частота запусков и распадов на орбитеникаких общих мер по ослаблению воздействия мусора
Сценарий А:	·	предотвращение взрывов* с 2005 года
	·	сокращение срока нахождения на орбите выработавших ресурс КА до 25 лет после их активной эксплуатации следующим образом: 30 процентов с 2000 года, 75 процентов с 2005 года, 100 процентов с 2010 года
Сценарий В:	·	предотвращение взрывов* с 2000 года
	·	сокращение срока нахождения на орбите выработавших ресурс КА следующим образом: 100 процентов с 2000 года
Сценарий С:	·	предотвращение взрывов* с 2010 года
	·	сокращение срока нахождения на орбите выработавших ресурс КА следующим образом: 30 процентов с 2005 года, 50 процентов с 2015 года, 100 процентов с 2020 года
Сценарий D:	·	полное предотвращение взрывов с 1995 года

*С учетом количества корпусов ракет, все еще находящихся на орбите, делается допуск на один взрыв в год.

Схема 1. Эффективность мер по ослаблению воздействия мусора

Для модели, приведенной в схеме 1, допустимое предположение продолжительности после эксплуатационного срока нахождения на орбите составляет 25 лет. Из этой схемы явствует, что меры по ослаблению воздействия мусора, принимаемые в рамках реалистических сценариев А-С, могут сократить количество объектов более чем на 50 процентов по сравнению со сценарием сохранения "статуса-кво". С другой стороны, реализация этих сценариев будет представлять собой увеличение популяции космического мусора за следующие 100 лет в четыре раза по сравнению с положением в настоящее время.

Схема 2. Разбивка количества объектов на 100-летний период
при сценарии сохранения "статуса-кво"

В схеме 2 дается разбивка количества объектов на 100-летний период при сценарии сохранения "статуса-кво". Из нее явствует, что взрывы вносят существенный вклад в увеличение количества мусора. В то же время фрагменты, образовавшиеся в результате первичных столкновений, т.е. столкновений в базовой популяции, включая фрагменты взрывов, будут с течением времени представлять все большую опасность. Приблизительно через 70 лет они будут составлять основную часть популяции. Вторичное столкновение, т.е. столкновение, когда один или оба объекта являются фрагментами, образовавшимися в результате предыдущих столкновений, не будут, согласно этой минимальной модели, играть сколь-либо заметной роли в течение следующих 100 лет.

Можно привести доводы о том, что в целях недопущения существенного роста количества объектов размером больше 1 см с течением времени могут быть применены меры по предотвращению взрывов. В схеме 1 показаны результаты, которые могут быть получены на основе предположения о полном предотвращении взрывов (кривая 5, сценарий D) с самого начала учитываемого в модели срока

(1995 год). В этом случае не будет дополнительных фрагментов, образовавшихся в результате взрывов, однако эта мера не приведет к изменению коэффициента столкновений. В результате столкновений образуется такое же количество фрагментов, как это показывается в схеме 2 для сценария, в который включены взрывы. Это объясняется тем фактом, что в будущем большая часть фрагментов будет образовываться в результате столкновений более крупных объектов. А большинство фрагментов, образующихся в результате взрывов, являются мелкими (менее 10 см). На основе самых последних расчетов с использованием моделей будущего ИФРР получил следующие выводы:

- может быть доказано, что в течение следующих 100 лет фрагменты столкновений будут составлять основную часть количества объектов размером более 1 см. Каскадирования столкновений в течение 100 лет не произойдет, поскольку большая часть разрушительных столкновений будет происходить между первоначальными объектами, а не между фрагментами;
- сделано предположение о том, что существующие объекты менее чувствительны к взаимным столкновениям, чем это указывалось в ранее проведенных анализах. Тем не менее, необходимость в мерах по ослаблению воздействия мусора доказана. Только с помощью тщательно разработанных программ по решению проблемы мусора космическая деятельность может быть продолжена в будущем без каких-либо неприемлемых рисков столкновений, особенно в поясе высот от 800 до 1 100 км;
- помимо мер по предотвращению взрывов, необходимой и целесообразной мерой по ослаблению воздействия мусора является сокращение срока нахождения на орбите выработавших ресурс спутников и корпусов ракет приблизительно до 25 лет. Это может быть достигнуто за счет снижения перигеев орбит с помощью двигателя или удаления с орбиты также с помощью двигателя;
- в течение следующих 100 лет количество объектов размером более 1 см увеличится в 3-4 раза, даже если будут последовательно применяться вышеупомянутые меры по ослаблению воздействия.

В. Радиолокационное обнаружение и замеры орбитального мусора (ФГАН)

РЛС для слежения и получения изображений (ТИРА) ФГАН используется главным образом для изучения методов и способов классификации и идентификации самолетов и спутников. Кроме того, до определенной степени ТИРА используется для получения радиолокационных данных об орбитальном мусоре. В основном с этой целью были разработаны два режима работы: режим слежения для замера отдельных объектов, находящихся на НОО, ГСО и ГПО, и режим работы с фиксацией луча для сбора данных о количестве космических объектов в определенных районах космического пространства.

ТИРА состоит из узкополосной РЛС слежения и РЛС для получения изображений с высокой разрешающей способностью. Функционирование обеих РЛС обеспечивается параболической антенной диаметром 34 м. Были разработаны методы и алгоритмы анализа характеристик сигналов узкополосной РЛС, обработки с помощью ЭВМ радиолокационных изображений, полученных на основе данных РЛС с высокой разрешающей способностью, и определения физических свойств космических объектов, например, размера, формы, габаритов, траекторий, массы, орбиты и срока существования на орбите. Эти методы и способы требуют дальнейшей доработки и совершенствования, с тем чтобы их можно было применять в отношении частиц космического мусора средних габаритов (размер 1-50 см).

1. Радиолокационное обнаружение космического мусора средних размеров

Основная цель исследования ЕКА (контракт ЕКА/ЕСОК, 2/93-12/94) заключается в изучении эффективных с точки зрения затрат модификаций РЛС слежения в диапазоне L системы ТИРА для обнаружения на НОО фрагментов космического мусора размером более 1 см в целях улучшения и проверки имеющихся моделей среды, содержащей космический мусор.

Были проанализированы некоторые подходы к проблеме поиска небольших объектов на больших высотах в определенных участках космического пространства. На основе выводов были разработаны концепции модификации приборного оборудования, наряду с требованиями в отношении усовершенствованных радиолокационных наблюдений и методов обработки данных.

Осуществимость предложенной концепции была опробована 13-14 декабря 1994 года путем использования системы ТИРА в течение 24 часов в режиме работы с фиксацией луча³. В проекте по измерению участвовали следующие радиолокационные станции и станции оптических наблюдений:

Радиолокационные наблюдения: ФГАН, Вахтберг-Вертховен, Германия РЛС Файлингдейлс, Соединенное Королевство

Оптические наблюдения: ГАО, Херстмонсо, Соединенное Королевство ИАБУ, Циммервальд, Швейцария

Цель этого проекта состояла в том, чтобы обнаружить в конкретном районе на высоте около 800 км все объекты минимального размера и сопоставить данные обнаружения с прогнозами, подготовленными на основе использования модели космического мусора. Минимальный размер объектов, которые могут быть обнаружены с помощью системы ФГАН ТИРА на этой высоте, составляет около 3 сантиметров. Предварительный анализ свидетельствует об обнаружении значительно большего числа объектов по сравнению с прогнозами, составленными на основе модели ЕКА MASTER (в ходе проекта с участием РЛС в Хэйстаке (США) в прогнозах, составленных на основе модели MASTER, было указано число объектов, которое было лишь незначительно меньше фактически обнаруженных). В ФГАН продолжается работа по анализу данных, объем которых составляет несколько сотен гигабайтов.

2. Определение физических характеристик космического мусора

Цель совместных исследований НАСА/ФГАН (контракт ДАРА,1/90-6/95) заключается в определении и сопоставлении формы, размера, подлинного движения, массы и продолжительности пребывания на орбите мусора различных видов, образовавшегося при распаде спутников в результате, например, столкновений или взрывов.

Система ФГАН ТИРА применялась для измерения группы из 30 объектов космического мусора (размером свыше 50 см), отобранных НАСА, шести небольших металлических сфер в ходе эксперимента НАСА ОДЕРАКС-I (сферы диаметром 5 см, 10 см и 15 см для калибровки измерений орбитального мусора), а также трех небольших металлических сфер (диаметром 5 см, 10 см и 15 см) и диполей (двух проводов длиной 13,1 см и диаметром 0,1 см) в ходе эксперимента ОДЕРАКС-II.

Проводились частые измерения и анализы в целом 44 объектов (включая спутники радиолокационной калибровки), и на основе полученных результатов подготовлены оценки размера, формы, подлинного движения, массы, орбиты и продолжительности пребывания на орбите. Эти результаты играют полезную роль для моделирования воздействия сопротивления в верхних слоях атмосферы, для выверки измерений в случае образования фрагментов, для развития теоретической базы космических методов обнаружения и оповещения, а также для рассмотрения методов активного удаления.

3. Современные радиолокационные методы для наблюдения за космическим мусором

Цель исследования ЕКА (контракт ЕКА/ЕСОК, 2/95-3/98) состоит в том, чтобы повысить возможности существующей системы ФГАН ТИРА по обнаружению космического мусора средних размеров на НОО (размер 1-50 см) и слежению за ним для выверки и совершенствования подготавливаемых в настоящее время моделей среды.

В рамках этого исследования будут проделаны все необходимые работы по повышению характеристик аппаратуры и созданию специальных методов наблюдения, а также алгоритмов

обработки сигналов и данных. Ожидается, что это позволит обнаруживать космический мусор размером 2 см на высоте 1 000 км. Начата работа по изучению вопроса о том, каким образом эти характеристики обнаружения могут быть еще более улучшены с помощью экспериментов при использовании бистатической РЛС.

Радиолокационные измерения верхних ступеней ракет АРИАН на ГПО помогут понять процесс образования космического мусора в результате фрагментации на этих орбитах. Оценки массы и баллистического коэффициента, возможно, помогут ответить на вопрос о причинах процесса образования мусора.

С помощью системы ФГАН ТИРА были проведены радиолокационные измерения объектов космического мусора размером 1 м и выше на ГСО в целях определения их размеров и подлинного движения, а также установления точности, с которой может быть рассчитана орбита этих объектов. Эти работы проводятся в сотрудничестве с Институтом астрономии Бернского университета (ИАБУ), Швейцария.

4. Прогнозы, касающиеся возвращения в атмосферу космических объектов, создающих большой риск

Цель этого проекта состоит в том, чтобы при возвращении в атмосферу космических объектов, создающих большой риск, обеспечить Федеральное министерство внутренних дел надежными прогнозами, касающимися окон возвращения объектов в атмосферу (временная и наземная проекция траекторий), оценками пространственного положения объекта и оценками риска. В рамках соглашений о сотрудничестве ФГАН предоставил ЕКА/ЕСОК данные, полученные с помощью РЛС слежения за космическими объектами, создающими большой риск, в целях подтверждения европейских прогнозов возвращения объектов в атмосферу.

С. Другие научно-исследовательские проекты

Хотя было принято решение о европейском вкладе в создание международной космической станции, деятельность в области анализа защиты и столкновений элементов СОФ в Германии еще не возобновлена.

Помимо некоторых финансируемых на коммерческой основе исследований, касающихся мер по защите герметизированных ЛА от столкновений с космическим мусором и защитной эффективности композиционных материалов, проводится ряд исследований, финансируемых ЕКА/ЕСТЕК: Институт им. Эрнста Маха изучает воздействие столкновений на гиперзвуковых скоростях на КМКМ (композиционные материалы с керамической матрицей) и на гибкие термо-изоляционные материалы. Кроме того, в Институте им. Эрнста Маха продолжают начатые в прошлом году исследования, касающиеся условий катастрофических аварий для герметизированных ЛА в результате столкновений с космическим мусором. В Научно-исследовательском институте Баттелле также продолжается работа по финансируемому ЕКА исследованию "Заряды особой конфигурации для моделирования столкновений на гиперзвуковых скоростях".

В конце 1995 года был проведен финансируемый ДАРА эксперимент, в ходе которого с помощью установки TDW (Gesellschaft für verteidigungstechnische Wirksysteme mbH), позволяющей создавать заряды особой конфигурации, было осуществлено несколько столкновений на гиперзвуковых скоростях для изучения полезности моделирования столкновений с космическим мусором, а также явлений, возникающих при таких столкновениях на скоростях выше 15 км в секунду. Оценка результатов этого эксперимента еще не завершена.