



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL
A/AC.105/680/Add.1
2 February 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
ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
С КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ**

Записка Секретариата

Добавление

1. В своей вербальной ноте от 7 августа 1997 года Генеральный секретарь предложил всем государствам-членам представить информацию относительно национальных исследований по проблеме космического мусора, безопасного использования спутников с ядерными источниками энергии и проблем столкновения ядерных источников энергии с космическим мусором.
2. В настоящем документе содержится информация, представленная в ответах государств-членов, полученных в период с 1 декабря 1997 года по 30 января 1998 года.

СОДЕРЖАНИЕ

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

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ**Германия**

[Подлинный текст на английском языке]

В рамках дальнейшего вклада в программу работы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях по проблеме космического мусора Германия подготовила доклад о своей деятельности в 1996 году, содержащийся в документе A/AC.105/659/Add.1 от 6 февраля 1997 года, и представила сообщение о наблюдениях за космическим мусором на сессии Научно-технического подкомитета в 1997 году.

На сессии Межагентского координационного комитета по космическому мусору (МККМ), состоявшейся в Дармштадте в марте 1997 года, Германское космическое агентство (ДАРА) стало полноправным членом этого органа. Затем его право членства перешло Германскому аэрокосмическому центру (ДЛР), который был создан 1 октября 1997 года в результате слияния ДАРА и Германской организации аэрокосмических исследований. Четырнадцатое совещание МККМ было проведено 20-21 марта 1997 года вместе со второй Европейской конференцией по космическому мусору, которая была организована Европейским центром космических операций (ЕСОК) при участии, в частности, Германского космического агентства¹. В работе этой Конференции приняли участие многие германские ученые и эксперты по правовым вопросам. Пятнадцатое совещание МККМ было проведено 9-12 декабря 1997 года в Хьюстоне, Техас, Соединенные Штаты Америки. Делегация Германии участвовала в работе обоих совещаний МККМ и представила материалы четырем рабочим группам по следующим вопросам: измерения; окружающая среда и база данных; меры защиты; и уменьшение засорения.

Как указывалось в предыдущих докладах, исследования по проблеме космического мусора ведутся Германией либо на национальной основе, либо финансируются в рамках контрактов с Европейским центром космических исследований и технологий (ЭСТЕК) и ЕСОК Европейского космического агентства (ЕКА). Научные исследования проводятся прежде всего в а) Институте механики полета и космической техники Брауншвейгского технического университета (ИФР/ТУБС) и б) Центре прикладных научных исследований в Вахтберг-Вертховене (ФГАН). Основные результаты научных исследований, проведенных этими учреждениями в 1997 году, представлены соответственно в разделах А и В ниже, а в разделе С содержится информация об исследовательской деятельности в других институтах и предприятиях Германии.

А. Моделирование и снижение засоренности космического пространства

В 1997 году исследования, связанные с моделированием засоренности космического пространства, по-прежнему занимали важнейшее место в работе ИФР/ТУБС.

Близится к завершению проводимое в ДАРА/ДЛР исследование по фактическим аспектам дискуссии по проблеме космического мусора, касающимся, в частности, дополнительных источников засорения космического пространства (капельки, частицы разрушенной поверхности, пыль/шлак Al_2O_3 от запусков РДТТ спутников RORSAT) или необходимого минимального интервала между орбитой захоронения и геосинхронной орбитой (ГСО).

ИФР/ТУБС разработал также для издания вариант модели космического мусора ЕКА, в котором в настоящее время предусмотрена возможность оценки естественных метеорных потоков. Вариант модели MASTER, который был выпущен в мае 1997 года, в настоящее время можно получить через ЕКА/ЕСОК. С августа 1997 года ИФР проводит также исследование в целях улучшения некоторых характеристик, которые будут включены в следующий выпуск модели MASTER, запланированный на 1999 год.

Помимо этой работы, ИФР в настоящее время готовит для ЕКА европейский справочник по космическому мусору, в котором будут освещены научно-технические аспекты оценки и снижения засоренности околоземного космического пространства.

1. Дополнительные исходные составляющие для моделирования орбитальной засоренности

Поскольку имеются серьезные основания полагать, что помимо взрывов и столкновений есть и другие значительные причины появления прослеживаемых фрагментов мусора на околоземной орбите, то были проанализированы различные возможные механизмы засорения орбит. В настоящее время считается, что наиболее вероятными источниками засорения являются:

- a) капельки жидкометаллического охладителя (NaK) из блоков активной зоны ядерных реакторов, уведенных на орбиту захоронения высотой 950 км;
- b) шлак и микрочастицы оксида алюминия от запусков РДТТ на орбите;
- c) частицы поверхностей, разрушенных вследствие процессов охрупчивания и термоциклирования, связанных с влиянием атомарного кислорода (АО) в сочетании с космическим УФ-излучением.

С точки зрения каскадирования столкновений из этих источников определенный интерес представляют лишь капельки охладителя и крупноразмерные частицы оксида алюминия, называемые шлаком. Пылевые частицы Al_2O_3 микронного размера и частицы, образующиеся в результате деструкции поверхности, увеличивают лишь поток микромусора, как раз и являющегося причиной разрушения поверхности.

В настоящее время ИФР разрабатывает методы моделирования с целью сформулировать условия, характеризующие оба соответствующих источника, для оценки их влияния на общую засоренность космического пространства и ее эволюцию.

a) Капельки калий-натрия

Первым (и вероятно более сильным) из этих двух источников засорения являются так называемые капельки RORSAT, которые были обнаружены в ходе выборочных измерений, проводившихся с помощью РЛС "Хейстек". Были выявлены большие скопления объектов на околокруговых орбитах с наклоном 65° на высоте приблизительно 900 км. Результаты более подробного анализа этих объектов с помощью радиолокаторов "Милстоун Хил" и "Голдстоун" и оптических наблюдений показали, что они достигают до 5,6 см в диаметре, имеют сферическую форму и проявляют свойства зеркальных металлов. По измерению распада удалось определить, что их плотность составляет около 900 кг/м^3 . Все эти факты указывают на то, что эти объекты являются каплями жидкого калий-натрия (NaK), вытекшими из ядерных реакторов российских спутников RORSAT, в которых NaK использовался в качестве охладителя.

Эти спутники уже не эксплуатируются и уведены на орбиту длительного существования высотой 950 км, причем на спутниках более поздней модификации топливные стержни выведены из активной зоны реактора с целью их полного разрушения при дальнейшем входе в плотные слои атмосферы. В ходе этой процедуры значительная часть охладителя NaK, вероятно, выбрасывается в космос. Явления, подобные кавитационным разрывам в исходящем потоке, могут приводить к образованию множества капелек². Таким образом, возникшие капельки в виде металлических сфер вследствие весьма низкой интенсивности испарения почти не изменяются в размере на протяжении всего времени существования на орбите.

Как и при моделировании "осколочной" обстановки на орбите, возникает проблема, связанная с тем, что с помощью прямых измерений можно верифицировать параметры лишь более крупных по размеру частиц. Поэтому любое распределение по массе или диаметру, полученное в результате теоретического моделирования процесса оттока, не является в значительной мере достоверным, особенно в данном случае ввиду почти полного отсутствия данных о нижней области размерного ряда.

Данные о веществе NaK обычно задаются лишь для параметрических интервалов, представляющих определенный интерес для изучения термодинамических процессов, при этом эксперименты по изучению эффекта впрыскивания жидкостей в вакуум пока проводятся лишь с водой. Однако ввиду общей нехватки данных и некоторого сходства между водой и NaK, особенно в том, что касается плотности, принятие по крайней мере основных данных, характеризующих распределение водяных капелек по диаметру, применительно к проблеме NaK, по-видимому, является оправданным. Это предположение подкрепляется также тем фактом, что давление пара NaK при высокой температуре (753 K) равно давлению водяного пара при комнатной температуре (293 K).

Диаграмма 1. Общее распределение капелек NaK по диаметру, смоделированное применительно к группе спутников RORSAT, находящихся на орбите выше 800 км

Диаметр фрагментов [m]

В этой связи было выбрано распределение Вейбулла, которое согласуется как с частными значениями параметров, измеренных в ходе радиолокационных и оптических наблюдений, так и с суммарной массой. Преимущество применения этого подхода к моделям расчета распределения на основе степенного закона заключается в более умеренной оценке количества микрочастиц, возникающих в результате таких явлений. Такой подход, по-видимому, является оправданным, особенно учитывая, что по сравнению с более крупными каплями испарение на орбите микрокапелек происходит быстрее, и поэтому в конечном итоге микрокапельки исчезнут.

Даже при столь осторожном предположении общее количество объектов, образованных в результате вытекания охладителя из 15 спутников RORSAT на орбите длительного существования высотой 950 км (за исключением "Космоса-1900", который достиг орбиты высотой лишь 750 км), составляет 115 000 при общей массе 54 кг.

b) Алюминиевый шлак от ракетных двигателей твердого топлива

Вторым источником образования объектов, оказывающих значительное влияние на засоренность космического пространства, являются орбитальные запуски РДТТ для выполнения маневров выведения на геостационарную переходную орбиту (ГПО) или ГСО.

О факте выброса частиц Al_2O_3 микронного размера при запусках РДТТ, обусловленного большим количеством алюминиевых присадок в твердотопливном заряде, известно давно, тогда как выброс относительно крупных шлаковых объектов при работе двигателя был выявлен лишь недавно. Таким образом, основной проблемой при моделировании процесса образования такого шлака оксида алюминия является отсутствие достоверных данных. В настоящее время имеются данные лишь нескольких измерений, которые были произведены в ходе наземных испытаний РДТТ и радиолокационных наблюдений шлейфа пламени за соплом твердотопливного ускорителя стартовавших ракет-носителей. Кроме того, полученные в ходе этих измерений данные являются весьма противоречивыми и зависят от масштабирования размера двигателя и их экстраполяции применительно к орбитальным условиям.

Проверка правильности предположений, положенных в основу моделей, в основном сводится к небольшой части образованных объектов, которые по своему размеру превосходят порог радиолокационного распознавания, составляющей для низкой околоземной орбиты (НОО) приблизительно 6 мм в диаметре. Вследствие этого современные модели дают лишь приблизительное представление о механизмах образования и выброса алюминиевого шлака, особенно в том, что касается распределения по массе или диаметру.

Однако каковы бы ни были используемые в моделях предположения в отношении частиц меньшего диаметра, данные измерений указывают на то, что при каждом запуске РДТТ выбрасывается значительное число крупных объектов. В отличие от пылевых частиц эти объекты увеличивают фоновый поток достаточно крупных частиц, способных нанести серьезный ущерб при ударе, а также стимулировать процесс каскадирования столкновений в будущем. Поэтому в любом случае образование алюминиевого шлака при запусках РДТТ на орбите следует считать одним из важных источников засорения космического пространства. В рамках последующего анализа необходимо определить возможную степень скопления шлаковых объектов с учетом влияния механизмов схода с орбиты под воздействием сопротивления атмосферы или давления солнечного излучения.

2. Интервал между ГСО и орбитой захоронения

В настоящее время для космических кораблей на геостационарной орбите по окончании их срока службы не обеспечивается сход с орбиты по той основной причине, что для выполнения такого

маневра требуется дополнительно довольно много топлива. Вместо этого они уводятся на орбиту захоронения, которая расположена несколько выше ГСО, с целью хотя бы снизить плотность объектов, а следовательно и опасность столкновения в активно используемом самом геостационарном кольце.

В связи с возросшей необходимостью в международном консенсусе в отношении этой процедуры, именуемой также переводом на более высокую орбиту, возник вопрос относительно того, какой минимальный интервал между орбитой захоронения и ГСО требуется, чтобы позднее предотвратить обратный дрейф отработавшего космического аппарата в важную область ГСО. Недавно в итоге дискуссии мнения, по-видимому, сошлись на интервале в 300 км, который уже принят некоторыми международными организациями, например ЕКА и Международным союзом электросвязи (МСЭ), а также рекомендуется в руководстве Национального управления США по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) по уменьшению засорения космического пространства.

Результаты проведенного в ИФР моделирования долгосрочной эволюции орбит свидетельствуют в целом о небольшом изменении высоты перигея объектов крупнее 1 см вследствие возмущений (см. верхнюю диаграмму 2). Давление солнечного излучения вызывает значительное изменение высоты перигея лишь у частиц диаметром менее миллиметра, однако образование таких частиц возможно лишь в результате столкновения на самой орбите захоронения. Однако в этом случае при высвобождении кинетической энергии фрагменты разлетятся по множеству различных орбит, которые, особенно в том что касается очень малых частиц, могут иметь очень большой эксцентриситет (см. нижнюю диаграмму 2). В любом случае, поскольку нет никакого интервала, способного защитить область ГСО от воздействия таких малых фрагментов, эту проблему нельзя решить определением высоты орбиты захоронения.

Хотя орбита захоронения сама по себе, видимо, является относительно устойчивой, следует учитывать не только возмущения орбиты. Необходимо исключить засоренность не только ГСО, но и функционального пространства над ней для цели совершения маневров смещения на этапе вывода спутника в заданное положение. Кроме того, как и в отношении всех технических аспектов, в отношении минимального допустимого интервала следует предусмотреть разумный запас надежности, учитывающей основные требования.

В этой связи предлагаемый трехсоткилометровый интервал, по крайней мере для неповрежденных спутников, по-видимому, позволяет достичь компромисса между требованиями к обеспечению безопасности и экономичности.

3. Крупные группировки спутников и их влияние на опасность столкновений

В связи с выводом крупных группировок коммерческих спутников на НОО обсуждалось влияние столь значительного количества спутников на космическое пространство и его засоренность. Основное внимание было уделено внутренней опасности столкновений в случае разрушения в рамках группировки, с одной стороны, и влиянию группировок на общую динамику засоренности, с другой стороны.

Результаты проведенных в ИФР исследований указывают на то, что первую из двух проблем, видимо, можно не принимать в расчет. Действительно, спутники группировки функционируют в одном диапазоне высот, причем часто во многих плоскостях околополярной орбиты, которые фазированы по прямому восхождению и пересекаются под высоким склонением. Тем не менее вероятность столкновения спутников группировки между собой, по-видимому, крайне невелика, поскольку в период функционирования спутников и их дальнейшего штатного схода с орбиты

обеспечивается активное управление ими с помощью наземных станций. Даже в случае фрагментации одного из членов группировки в результате столкновения с объектом, относящимся к фоновой засоренности, дополнительный поток, обусловленный этой фрагментацией, в направлении остальных спутников группировки будет на несколько порядков ниже значения фонового потока³.

Диаграмма 2. Изменения орбит вследствие возмущений (вверху) и изменения орбит фрагментов вследствие низкоинтенсивных столкновений на орбите захоронения в области ГСО (внизу)

Составление прогнозов в отношении функции распространения для орбиты захоронения в области ГСО

Период (годы)

Диаграмма низкоинтенсивного разрушения на орбите захоронения
диаграмма (Габбарда)

Вторая проблема, связанная с влиянием спутниковых группировок на общую динамику засоренности, является гораздо более серьезной. Планируемое выведение в космос группировок в составе нескольких сотен спутников будет способствовать их значительному скоплению на околоземных орбитах в соответствующем диапазоне высот. Кроме того, большинство этих группировок будет функционировать в области высот 700-1 400 км, которая уже сейчас характеризуется наибольшей плотностью объектов. Поэтому опасность столкновения при полном разрушении мишени возрастает до относительно высокого уровня.

Один из путей уменьшить число случаев фактических столкновений в довольно опасной среде состоит в том, чтобы в целом уменьшить произведение площади на время. В случае запуска новых спутников, например в связи с планируемым созданием группировок на НОО, площадь возрастает, поэтому единственным корректируемым параметром остается время пребывания на орбите. Большинство компаний, планирующих выведение в космос таких группировок, договорились включить в свою концепцию систем процедуру схода спутников по истечении срока службы. Однако даже если предположить, что каждый запущенный спутник по окончании его срока службы может быть удален с орбиты, все равно опасность столкновения значительно возрастает вследствие неуклонного добавления к фоновой засоренности множества функционирующих спутников. Результаты моделирования с помощью программных средств долгосрочного прогнозирования подтверждают эти данные и указывают на то, что с учетом спутниковых группировок плотность потоков малых объектов будет возрастать быстрее.

4. Новые особенности модели космического мусора MASTER 1997

Наиболее явным отличием выпущенной версии от предыдущей версии является использование одной из наиболее совершенных из имеющихся в программном обеспечении MASTER метеорных моделей на основе теории Дивайна и Штаубаха. В настоящее время в круг прикладных задач, которые позволяет решать модель MASTER, входит не только оценка потоков техногенного мусора размером до 0,1 мм в отношении любого выбранного спутника, но и определение естественного фонового потока метеорных тел⁴.

Учитывая в целом меньшую массу естественных метеорных тел, внутренний порог массы для этого источника был снижен до 10^{-13} кг ($d=4.243 \cdot 10^{-6}$ м). Из пяти определенных Штаубахом классов метеорных тел в модель MASTER были включены лишь основные и астероидальные источники и источники А, поскольку влияние источников классов В и С в диапазоне масс свыше 10^{-13} кг является ничтожно малым.

Кроме того, данные о контрольных объектах в модели космического мусора MASTER были обновлены по состоянию на 31 марта 1996 года.

5. Руководство ЕКА по предупреждению образования космического мусора

Планируется, что в Руководстве будет содержаться техническая информация по проблеме засоренности космического пространства и будут изложены руководящие принципы предупреждения образования космического мусора при проектировании и планировании полетов космических кораблей в будущем. Предполагается, что это Руководство можно будет использовать в этих целях в рамках ЕКА и европейской промышленности, а также при планировании космических исследований⁵.

Диаграмма 3. Основные главы Руководства

План Руководства по предупреждению образования космического мусора (пересмотренный вариант от 18 сентября 1997 года)	
1.	Определение терминов, сокращения
2.	Определение сферы применения руководящих принципов ЕКА в отношении предупреждения образования космического мусора
3.	Современная информация о космическом мусоре и метеорных телах
4.	Оценка опасности соударений и столкновений с космическим мусором
5.	Проблема засоренности космического пространства в будущем
6.	Меры по предупреждению образования космического мусора
7.	Пассивация космических аппаратов и ракет-носителей по окончании срока службы
8.	Сход с орбиты и возвращение в атмосферу космических аппаратов и верхних ступеней
9.	Предотвращение столкновений на орбите (для НОО)
10.	Технология экранной защиты космических аппаратов
11.	Заключение

По своему характеру Руководство не является нормативным документом. Однако, если в Европе будет решено ввести соответствующие нормы в других документах, в них может быть дана ссылка на соответствующие пункты Руководства. Такого рода подход уже используется при разработке документа о европейском сотрудничестве в области космической стандартизации (ECSS), первые пункты которого посвящены проблеме засоренности космического пространства и в который позднее могут быть включены ссылки на Руководство.

При издании этого Руководства использовались основные программные средства, позволяющие контролировать текст, а также графический материал, включая диаграммы, эскизы и таблицы. В целях учета изменений, касающихся технологии и среды, Руководство может легко обновляться путем внесения изменений в параметры основных программных средств, которые, используя набор машинных кодов, таких, как MASTER и CHAINEE, в режиме автоматического редактирования готовят (или обновляют) графики и диаграммы в Руководстве. Для обновления экземпляров Руководства всем пользователям планируется предоставить его издание в виде листов с механическим свободным креплением.

В. Радиолокационное наблюдение и анализ среды космического мусора и метеорных тел

РЛС слежения и получения изображений (TIRA) ФГАН-НИИ физики высоких частот (ФВЧ) используется главным образом для изучения методов и способов классификации и идентификации космических аппаратов и самолетов. Кроме того, TIRA в некоторой степени используется для получения радиолокационных данных о фрагментах космического мусора и метеорных телах^{6, 7, 8}. С этой целью были разработаны три основных режима функционирования: режим слежения для измерения отдельных объектов, находящихся на низкой околоземной орбите, геостационарной орбите и геостационарной переходной орбите; во-вторых, режим работы с фиксацией луча для сбора данных об "осколочной" обстановке в определенных районах космического пространства и, в-третьих, режим

работы с фиксацией луча с компенсацией вращения Земли для получения информации о метеорных телах в периоды, когда к Земле приближаются крупные метеорные потоки.

Система TIRA состоит из узкополосной РЛС слежения и РЛС для получения изображений с высокой разрешающей способностью. Обе РЛС используют параболическую антенну диаметром 34 м. Были разработаны методы и алгоритмы для анализа характеристик сигналов узкополосной РЛС, для обработки с помощью ЭВМ радиолокационных изображений, полученных на основе данных РЛС с высокой разрешающей способностью, и для определения физических характеристик космических объектов, например, размера, формы, габаритов, траектории, массы, орбиты и срока существования на орбите. Эти методы и способы постоянно дорабатываются и совершенствуются, с тем чтобы их можно было применять в отношении фрагментов космического мусора средних размеров (1-50 см) и метеорных тел.

В 1997 году мероприятия ФГАН-ФВЧ по проблеме засоренности космического пространства и метеорных тел проводились главным образом по контрактам в рамках трех исследований ЕКА/ЕСОК:

- а) перспективные радиолокационные методы наблюдения космического мусора (февраль 1995 года - сентябрь 1998 года);
- б) совместное слежение за фрагментами космического мусора (апрель 1997 года - июль 1998 года);
- с) разработка алгоритмов для радиолокационного обнаружения фрагментов космического мусора средних размеров (апрель 1997 года - июль 1999 года).

Эти мероприятия преследовали следующие основные цели:

- а) изучение усовершенствованных методов наблюдения за космическим мусором и сбора данных;
- б) разработка и освоение эффективных высокоавтоматизированных методов и алгоритмов для обработки данных, обнаружения и анализа фрагментов космического мусора и метеорных тел;
- с) помощь в установлении четко определенной особой связи между результатами измерений и прогнозами на основе моделирования.

1. Радиолокационные наблюдения и анализ данных

Что касается оценки чувствительности РЛС TIRA в L-диапазоне, то в настоящее время она позволяет обнаруживать сферические объекты диаметром 2 см на удалении 1 000 км благодаря использованию оптимальных стратегий обнаружения и учету всех модификаций и усовершенствований технических средств и обработки сигналов, которые предлагаются и реализуются в рамках договоров с ЕКА о проведении научных исследований. В 1996 году удалось добиться значительного улучшения характеристик обнаружения при проведении эксперимента с бистатическим радиолокатором, в рамках которого в качестве вторичного высокочувствительного приемника использовался крупнейший в мире управляемый радиотелескоп (диаметр апертуры 100 м) в Бад-Мюнстерайфеле-Эффельсберге, эксплуатируемый Институтом радиоастрономии им. Макса Планка⁹.

В результате успешного проведения эксперимента COBEAM-1/96 25-26 ноября 1996 года в рамках 24-часовых непрерывных наблюдений были собраны первичные радиолокационные данные в объеме приблизительно 150 ГБайт. Было определено, что порог чувствительности телескопа составляет 9 мм на удалении 1 000 км. Анализ данных эксперимента COBEAM был завершен в сентябре 1997 года¹⁰. Его результаты по большинству позиций в достаточной мере согласуются с

результатами, полученными с помощью другой аппаратуры (например, РЛС "Хейстек"), и с прогнозами на основе моделирования. Особый интерес был проявлен к тем подгруппам космического мусора, которые в настоящее время должным образом не учитываются при моделировании среды, а именно каплям NaK (предположительно образованным вследствие вытекания охладителя из ядерных реакторов спутников RORSAT) и фрагментам, образовавшимся вследствие разрушения PEGASUS/HAPS в июне 1996 года.

Крупный метеорный поток Леониды в ноябре 1999 года, в связи с которым НАСА предсказывает увеличение фонового потока в 10 000-30 000 раз, может создать опасность для функционирующих спутников. На основе опыта, приобретенного в ходе наблюдений Леонидов в 1996 году, в период ежегодного максимума, который, согласно прогнозам, должен был прийти на 17 ноября 1997 года, были проведены четырехдневные радиолокационные наблюдения. Полученные данные будут использованы для более совершенной подготовки экспериментов и для оказания помощи в разработке алгоритмов оценки приближающихся потоков метеорных тел.

2. Сопоставление радиолокационных измерений с прогнозами на основе моделирования

Для того чтобы данные измерений засоренности можно было использовать для оценки модели MASTER ЕКА, было положено начало обсуждению вопроса об определении и применении особого средства согласования между моделями и измерениями. В ходе совместной рабочей встречи ЕКА/ЕСОК, Брауншвейгского технического университета, Eta max space GmbH и ФГАН был сделан вывод, что для решения этой проблемы необходимо, на основе сотрудничества с экспертами в области моделирования и измерительной аппаратуры, должным образом расширить модель MASTER.

3. Радиолокационное наблюдение и анализ неисправных спутников

При непредвиденных обстоятельствах, например при столкновении функционирующих спутников с космическим мусором или при возникновении других неисправностей, данные РЛС TIRA использовались для анализа проблемы. В рамках договорных исследований проводились наблюдения в L- и Ku-диапазонах с помощью РЛС для получения изображений, а результаты анализа использовались при изучении причин и степени повреждений. В 1997 году осуществлялись мероприятия по наблюдению и анализу данных космических аппаратов CERISE (повреждения в результате столкновения с фрагментами верхней ступени РН "Ариан"), ADEOS (вследствие механического напряжения разрушена солнечная панель), SPOT-3 (потеря энергии вследствие неконтролируемого вращения).

4. Прогнозы в отношении возвращения в атмосферу космических объектов повышенного риска

Цель этого проекта состоит в том, чтобы при возвращении в атмосферу космических объектов повышенного риска обеспечить Федеральное министерство внутренних дел надежными прогнозами в отношении окон вхождения объектов в атмосферу (временная и наземная проекция траекторий), оценками пространственного положения объектов и оценками риска. В рамках соглашений о сотрудничестве ФГАН-ФВЧ предоставляет ЕКА/ЕСОК данные о космических объектах повышенного риска, получаемые с помощью РЛС слежения, в целях подтверждения европейских прогнозов относительно возвращения объектов в атмосферу. В целях проверки существующих процедур и алгоритмов с помощью TIRA в сентябре 1997 года было проведено наблюдение за возвращением в атмосферу американского спутника LEWIS.

С. Другие научно-исследовательские проекты

Продолжалась работа в области обеспечения защиты от метеорных тел и космического мусора. Продолжаются начатые в предыдущие годы исследования в Институте им. Эрнста Маха (ЭМИ). По контракту с ЕКА ЭМИ исследует последствия столкновений на гиперзвуковых скоростях для герметизированных аппаратов, особенно в целях использования данных применительно к спутникам. ЭМИ проводит также другие субподрядные исследования в рамках программ ЕКА: для проекта "Кассини/Гюйгенс" проводились испытания в целях определения влияния столкновений с фрагментами мусора на систему теплозащиты (СТЗ); а для проекта по созданию европейского модуля "Колумб" для МКС были проведены высокоскоростные ударные испытания в целях усиления экранной защиты мест, подверженных значительным внешним воздействиям.

В последние месяцы в ЭМИ на основе государственного финансирования началось исследование с целью моделирования последствий ухудшения оптических поверхностей оптических терминалов для функционирования спутников связи.

Примечания

¹K.-U. Schrogl, "Second European Conference on Space Debris", Space Policy, No. 3 (1997), p. 265.

²C. Wiedemann and P. Wegener, "Internal report on new space debris sources; RORSAT droplet generation" (IFR/TUBS, 1997), unpublished.

³S. Theil, "Vergleich der Ausfallwahrscheinlichkeit unterschiedlicher Satellitenkonstellationen zu Navigationszwecken durch deterministische Untersuchung des Kollisionsrisikos", diploma thesis (IFR/TUBS, 1996), unpublished, German only.

⁴"MASTER Software User Manual", postscript documentation distributed with the MASTER software, available through ESOC, Darmstadt, Germany.

⁵D. Rex, H. Klinkrad and J. Bendisch, "The ESA Space Debris Mitigation Handbook", Proceedings of the Second European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997 (ESA SP-393).

⁶K. Magura and D. Mehrholz, "Measurement and analysis techniques for satellite observations used at FGAN-FHP", FGAN-FHP, Technical Report, 8-93 (Wachtberg-Werthhoven, December 1993).

⁷L. Leushacke and others, "Radar detection of mid-size space debris", final report No. 6-94, ESA/ESOC contract No. 10182/92/D/IM (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, November 1994).

⁸L. Leushacke and D. Mehrholz, "Determination of physical characteristics of space debris, final report No. 6-95, DARA contract No. 50 ST 9003 (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, July 1995).

⁹L. Leushacke, "First FGAN/MPIfR Cooperative Debris Observation Campaign: experiment outline and first results", Proceedings of the Second European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997 (ESA SP-393).

¹⁰L. Leushacke, "Mid-size space debris measurement with the TIRA system", Proceedings of the Forty-eighth International Astronautical Congress, Turin, 1977.