



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
30 November 2001

Russian
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

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

Записка Секретариата

Содержание

	<i>Пункты</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение	1-2	2
II. Ответы, полученные от государств-членов		2
Австралия		2
Финляндия		4
Иран (Исламская Республика)		4
Республика Корея		4
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии		4
Соединенные Штаты Америки		8
III. Ответы, полученные от международных организаций		11
А. Организация Объединенных Наций		11
Международный союз электросвязи		11
В. Другие международные организации		11
Международный астрономический союз		11

I. Введение

1. На своей сорок четвертой сессии Комитет по использованию космического пространства в мирных целях согласился с тем, что государствам-членам следует и далее предлагать ежегодно представлять Генеральному секретарю доклады о национальных и международных исследованиях по вопросам, касающимся безопасности космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, что следует продолжать исследования по проблеме столкновений между космическим мусором и находящимися на орбите космическими объектами с ядерными источниками энергии на борту и что о результатах таких исследований следует информировать Научно-технический подкомитет Комитета¹. Комитет принял также к сведению, что Подкомитет согласился с тем, что следует продолжать национальные исследования по проблеме космического мусора и что государствам-членам и международным организациям следует предоставлять результаты этих исследований всем заинтересованным сторонам, в том числе информацию о применяемой практике, которая позволяет эффективно сводить к минимуму образование космического мусора (A/AC.105/761, пункт 127).

2. Генеральный секретарь в вербальной ноте от 8 августа 2001 года предложил правительствам представить любую информацию по вышеуказанным вопросам к 31 октября 2001 года, с тем чтобы ее можно было представить Научно-техническому подкомитету на его тридцать девятой сессии. Настоящая записка подготовлена Секретариатом на основе информации, полученной от государств-членов к 3 декабря 2001 года. Информация, поступившая после этой даты, войдет в соответствующие добавления к настоящему документу.

II. Ответы, полученные от государств-членов

Австралия

1. В докладе Австралии рассматриваются процедуры уменьшения засорения космического пространства в контексте эксплуатации стартовых комплексов

на территории страны. В настоящее время действующих космодромов в стране не имеется, однако есть несколько серьезных предложений по их созданию в ближайшем будущем. В докладе Австралии рассматриваются также принимаемые частным сектором меры в связи с проблемой космического мусора.

Порядок лицензирования

2. На данном этапе Австралия не занимается созданием спутников; до сих пор был создан лишь малоразмерный экспериментальный спутник FedSat 1. Однако в качестве потенциального запускающего государства Австралию беспокоят последствия использования ядерных источников энергии в космическом пространстве.

3. В соответствии с действующим в Австралии режимом лицензирования космической деятельности претенденты должны удовлетворять строгим требованиям в отношении безопасности и экологии. Кроме того, на космических объектах не должно быть ядерного оружия или расщепляющихся веществ, за исключением случаев, когда на это имеется разрешение правительства. Благодаря этим трем требованиям правового характера режим лицензирования не допускает засорения космического пространства ядерными источниками.

Азиатско-тихоокеанский космический центр

4. В настоящее время Азиатско-тихоокеанский космический центр создает коммерческий стартовый комплекс на острове Рождества. Для вывода спутников на геостационарную орбиту Центр планирует использовать российскую трехступенчатую ракету-носитель "Аврора", на которую дополнительно может устанавливаться разгонный блок. Первые запуски запланированы на 2004 год.

5. Правительство Австралии завершило всестороннюю оценку последствий создания этого стартового комплекса для окружающей среды и дало ряд рекомендаций этой компании. Эти рекомендации касаются, в частности, таких вопросов, как возможное образование орбитального мусора в штатных и аварийных ситуациях, возможное образование орбитального мусора вследствие столкновения на орбите с существующими фрагментами космического мусора или другими орбитальными космическими системами, а также потенциальная угроза

¹ *Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят шестая сессия, Дополнение № 20 и исправление (A/56/20 и Согг.1), пункт 108.*

безопасности или экологии в связи с возвращением космических объектов на Землю.

6. Центр разработал План рационального природопользования, в котором изложены стратегии выполнения этих рекомендаций. В соответствии с "Руководством ЕКА по уменьшению засорения космического пространства", изданным Европейским космическим агентством (ЕКА) в 1999 году, План предусматривает принятие мер по недопущению высвобождения объектов при отделении третьей ступени или при отделении разгонной ступени ("Корвет"). Это означает, что не будет происходить образования мелких объектов космического мусора, и, следовательно, околоземное пространство не будет засоряться в связи с программами космических полетов.

7. На третьей ступени и на разгонном блоке "Корвет" предусмотрены процедуры пассивации, что устраняет опасность взрыва на более позднем этапе. Таким образом, наблюдение будет вестись лишь за одним объектом, а не за многочисленной группой объектов, которые могут образоваться в результате неуправляемого взрыва. В тех случаях, когда это допускает программа полета и используется "Корвет", сход с орбиты третьей ступени может осуществляться с помощью суборбитального отделения. Разгонный блок "Корвет", если позволяет программа полета, может также осуществлять самостоятельный сход с орбиты.

Другие предложения в отношении космических запусков

8. Другие имеющиеся предложения о создании стартовых комплексов пока еще не настолько предметны, чтобы можно было судить о процедурах уменьшения засорения.

Электрооптические системы

9. Исследования по предупреждению образования космического мусора проводит австралийская компания "Электрооптик системз", которая специализируется на создании электрооптических космических систем слежения. За последние несколько лет эта компания создала приборы лазерного и оптического слежения нового поколения, предназначенные для

отслеживания и каталогизации космического мусора. Путем финансирования и участия в расходах правительство Австралии оказывает непосредственную поддержку этим исследованиям и разработке новых технологий.

10. При проведении натурных испытаний новые системы слежения продемонстрировали способность точно отслеживать фрагменты мусора размером 1 см на высоте до 800 км. Эта технология позволяет в больших количествах обнаруживать прежде неизвестные фрагменты мусора этого размера, благодаря чему каталог потенциально может быть расширен от 20 000 объектов до 100 000 объектов. Существующая глобальная инфраструктура способна отслеживать около 15 000 фрагментов космического мусора размером до 10 см. В настоящее время в ряде стран ведутся работы по развертыванию инфраструктуры системы слежения, которая позволит компании "Электрооптик системз" вести и расширять каталог объектов космического мусора. Компания планирует с 2003 года предоставлять на коммерческой основе доступ к этому новому каталогу.

Твердая позиция Австралии

11. Австралия осведомлена о ряде имевших место в последние годы случаях, когда могло произойти столкновение с космическим мусором, и выражает беспокойство в связи с опасностью засорения околоземного пространства, особенно в районе геостационарной орбиты (ГСО). В случае такого столкновения одним из результатов будет потеря на продолжительное время полосы частот с далеко идущими последствиями для мировой промышленности.

12. По мнению Австралии, необходимо стремиться к обеспечению того, чтобы космос оставался доступным и безопасным. В этой связи Австралия по-прежнему считает своим долгом поддерживать усилия по сведению к минимуму вредного воздействия космического мусора в околоземном пространстве посредством установления норм и принятия мер по предупреждению образования и защите от космического мусора. Важную роль в этом должны играть согласованное комплексное слежение за космическими объектами и применение технологий свода с орбиты или перевода на более высокую орбиту потенциально опасных спутников и фрагментов мусора.

Финляндия

В настоящее время Финляндия осуществляет ряд научных исследований и прикладных программ, связанных с проблемой космического мусора:

а) на борту спутника Proba, который был запущен в октябре 2001 года, установлена аппаратура наблюдения за космическим мусором DEBIE и блоки обработки данных;

б) для выполнения более функциональных задач аппаратура DEBIE в ближайшем будущем будет установлена на Международной космической станции;

с) с помощью радиолокаторов Европейской системы исследований некогерентного рассеяния (ЕИСКАТ) в Лапландии были проведены наблюдения космического мусора на низкой околоземной орбите (НОО) (продемонстрирована способность обнаруживать объекты размером 1 см и более);

д) Университет Оулу/Соданкюльская геофизическая обсерватория по договору с Европейским центром космических операций ЕКА провели исследование по измерению малоразмерных объектов космического мусора;

е) с помощью телескопа Европейского космического агентства на Канарских островах Университет Турку провел исследование засоренности геостационарной орбиты.

Иран (Исламская Республика)

Одним из следствий влияния аэрокосмической деятельности человечества на состояние экологии Земли стало развитие в последние десятилетия проблемы космического мусора, которая серьезно угрожает сохранению работоспособности находящихся на орбите космических кораблей и платформ и безопасности астронавтов, выходящих в открытый космос в околоземном пространстве. В Исламской Республике Иран исследованием засоренности космического пространства занимается группа по орбитальному мусору Института аэрокосмических исследований, которая входит в Исследовательскую группу по вопросам космических стандартов и права. Группа по орбитальному мусору работает над такими темами, как категоризация, характеристики и

отслеживание орбитального мусора и нормы права, касающиеся этой проблемы. Группа в перспективе планирует приступить к математическому моделированию, изучению функций вероятности столкновений и анализу опасности столкновений.

Республика Корея

1. Что касается вопроса безопасного использования космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, то Республика Корея никогда не использовала ядерные источники энергии и не планирует использовать их в ближайшем будущем. В этой связи Республика Корея в полной мере обеспечивает безопасность космических объектов без ядерных источников энергии на борту.

2. Что касается проблемы космического мусора, то Республика Корея пока не имеет собственной ракеты-носителя. В этой связи эта проблема пока не актуальна для космической деятельности Республики Кореи. Однако в 2005 году будет осуществлен запуск отечественной ракеты-носителя. В связи с этим Республика Корея сделает все возможное, чтобы свести к минимуму образование космического мусора.

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

I. Введение

1. В докладе о космической стратегии Соединенного Королевства (1999–2002 годы), подготовленном Британским национальным космическим центром (БНКЦ), отмечается, что БНКЦ продолжает уделять внимание проблеме космического мусора. Одной из основных целей является координация деятельности с другими учреждениями, которые также занимаются проблемой угрозы со стороны космического мусора. В этой связи БНКЦ координирует национальную деятельность в этой области с помощью Координационной группы Соединенного Королевства по проблеме космического мусора и обеспечивает ее согласование с деятельностью ЕКА и его государств-членов через Координационную группу ЕКА по космическому мусору. БНКЦ является членом Межагентского координационного комитета по космическому мусору (МККМ) и активно

добивается согласования международной позиции по различным вопросам, касающимся космического мусора. Он поддерживает также соответствующую программу работы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.

2. Координационная группа проводит совещания на национальном уровне, которые выполняют функции форума по координации всех осуществляемых в Соединенном Королевстве исследований по проблеме космического мусора. Работа Группы направлена на создание исследователям условий для обмена информацией и идеями и на улучшение, по возможности, условий для сотрудничества. В ноябре 2001 года состоялось очередное совещание Группы, в работе которого приняли участие большинство ведущих исследовательских групп по этой проблеме, представляющих промышленность и науку в Соединенном Королевстве, включая компанию QinetiQ (в прошлом ДЕРА), министерство обороны, компании Astrium, Century Dynamics, Observatory Sciences, Advanced System Architectures, Резерфордская и Эпплтонская лаборатория, Открытый университет, а также Крэнфилдский, Оксфордский и Саутгемптонский университеты.

3. Деятельность ЕКА, связанную с космическим мусором, в настоящее время координирует сеть центров по этой проблематике, в которую входят Итальянское космическое агентство (АСИ), БНКЦ, Национальный центр космических исследований Франции и Германский аэрокосмический центр (ДЛР) и в работе которой могут участвовать все члены ЕКА, занимающиеся проблемой космического мусора.

4. МККМ выполняет функции международного форума по вопросам сотрудничества по всем аспектам проблемы космического мусора. Прилагаемые в рамках МККМ усилия направлены, в частности, на достижение согласия в отношении рекомендуемой практики уменьшения засорения космического пространства на основе обоснованного технического анализа этой проблемы. В марте 2001 года Соединенное Королевство приняло участие в работе девятнадцатого совещания МККМ, которое было проведено на базе ДЛР. Двадцатое совещание МККМ будет проведено БНКЦ на базе Суррейского университета в апреле 2002 года.

5. Соединенное Королевство обладает развитым потенциалом в области научных исследований по проблеме космического мусора, что позволяет БНКЦ регулярно получать объективные консультации и помощь по техническим вопросам. Ниже описываются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, которые проводились британскими организациями в течение прошедшего года.

II. Наблюдение и измерение среды космического мусора

A. Система фотосъемки космического мусора

6. Компания "Сира электрооптикс Лтд." в сотрудничестве с компанией "Карл Цейсс, Йена" выполнили контракт на поставку ЕКА электронной системы фотосъемки космического мусора. Эта система была установлена на цейссовском телескопе диаметром 1 м обсерватории на вулкане Тейде, остров Тенерифе. В период с декабря 2000 года по июль 2001 года проводились многочисленные пробные наблюдения с использованием телескопа и фотокамеры компании "Сира". Основное внимание в рамках этих оптических наблюдений уделялось ГСО и району ГСО – так называемому геостационарному кольцу. Это один из наиболее активно используемых районов околоземного пространства, в котором находятся около 300 действующих космических аппаратов. К сожалению, известны случаи разрушений верхних ступеней ракет и спутников, однако местонахождение фрагментов в основном остается неизвестным, поскольку Сеть станций космических наблюдений Соединенных Штатов, как правило, не отслеживает находящиеся на ГСО объекты размером менее 1 метра. С помощью цейссовского телескопа диаметром 1 м было обнаружено множество объектов космического мусора и предварительно определены параметры их орбит. При времени выдержки 2 секунды ограничение по размеру составляет чуть менее 20, что соответствует размеру объектов минимум 10-20 см. Таким образом, в результате пробных наблюдений было обнаружено и частично характеризовано множество малоразмерных объектов космического мусора на ГСО. На предприятии "Карл Цейсс, Йена" в настоящее время заканчивается работа над созданием фотокамеры на приборах с зарядовой связью (ПЗС), включая дьюар. Планируется, что заключительные пробные наблюдения на Тенерифе возобновятся в ноябре 2001 года.

В. Радиолокатор для обнаружения космического мусора

7. Резерфордская и Эпплтонская лаборатория и компания QinetiQ заключили соглашение о сотрудничестве в создании на базе Чилболтонской обсерватории в Гемпшире радиолокационной системы на частоте 3 ГГц для обнаружения космического мусора. Хотя эта обсерватория оснащена полностью управляемой 25-метровой антенной, существующий магнитронный передатчик, который используется главным образом для целей радиолокационной метеорологии, является недостаточно мощным и способен обнаруживать лишь самые крупные объекты космического мусора. В прошедшем году был установлен передатчик на лампе бегущей волны, который обеспечивает гораздо более высокую среднюю мощность (2,7 кВт по сравнению с 600 Вт). Новая система будет полностью когерентной и позволит обнаруживать предметы размером до 5 см в диаметре на удалении 1 000 км (т.е. в районе НОО). Испытание новой системы планируется завершить в начале 2002 года.

III. Моделирование среды космического мусора

8. Моделирование среды космического мусора, ее долгосрочной эволюции и потенциальной опасности для возможных будущих космических систем по-прежнему является одним из главных направлений работы исследователей по проблеме космического мусора в Соединенном Королевстве. Одной из важных областей исследований является также изучение последствий постоянного вывода новых объектов в околоземное пространство и, следовательно, их влияния на засоренность космического пространства.

А. Моделирование засоренности космического пространства на низких околоземных орбитах

9. В течение прошедшего года компания QinetiQ основное внимание уделяла изучению мер по уменьшению засорения космического пространства в плане долгосрочных выгод их применения для уменьшения роста засоренности в будущем, стоимости осуществления этих мер и вероятных рисков для важных космических объектов. Успешное проведе-

ние этого исследования стало возможным благодаря значительному усовершенствованию долгосрочных моделей среды космического мусора IDES (для министерства обороны Соединенного Королевства) и DELTA (для ЕКА), а также разработке автономной программы DEORBITER для планирования маневров и расчета остатков ракетного топлива после завершения программы полета. На сессии Научно-технического подкомитета Комитета по использованию космического пространства в мирных целях, проведенной в Вене в феврале 2001 года, был сделан специальный доклад об экономической эффективности мер по уменьшению засорения космического пространства. Для *Обновленного варианта руководства ЕКА по уменьшению засорения космического пространства* был проведен углубленный анализ долгосрочной эволюции среды космического мусора, мер по уменьшению засорения околоземного пространства и защиты космических кораблей. Было оказано содействие в определении главных технических задач и предоставлении материалов для важного международного исследования по выводу космических объектов с НОО по окончании срока службы в целях разработки руководящих принципов МККМ по уменьшению засорения космического пространства.

10. В 2001 году Саутгемптонский университет приступил к осуществлению нового рабочего проекта, связанного с использованием космических тросов. Космический трос представляет собой прочный длинный фал, который обычно используется для взаимного соединения космических аппаратов. С помощью троса обеспечивается механическое соединение, позволяющее передавать энергию и момент движения от одного объекта к другому и, следовательно, трос может использоваться в качестве одной из форм сообщения движения в космосе. Взаимодействие тросов с магнитосферой Земли может служить также источником энергии или тяги. В настоящее время все более активно рассматриваются возможности использования привязных тросов на околоземной орбите. Основное внимание в рамках данного проекта Саутгемптонского университета уделяется динамике привязных тросов, их уязвимости в среде космического мусора и их обратному воздействию на эту среду.

В. Моделирование среды космического мусора на высоких околоземных орбитах

11. Возможности моделей IDES и DELTA, которые были разработаны компанией QinetiQ, были расширены и теперь позволяют прогнозировать долгосрочную эволюцию среды космического мусора одновременно в районах низких околоземных орбит, средних околоземных орбит и геостационарной орбиты. Равным образом, на основе полного моделирования динамики засоренности космического пространства обеспечивается также долгосрочное прогнозирование опасности столкновений с космическим мусором на любой околоземной орбите, включая орбиты с высоким эксцентриситетом.

12. Основное внимание в рамках исследований Саутгемптонского университета в этот период уделялось проблеме засоренности района ГСО. По контракту, финансируемому Исследовательским советом по техническим наукам и физике Соединенного Королевства ("Долгосрочная эволюция космического мусора на высокой околоземной орбите"), разрабатывается компьютерная аналитическая программа. В этой программе, названной DAMAGE (Архитектура анализа и мониторинга среды космического мусора на геостационарной орбите), будут использоваться новые средства и методы для оценки долгосрочной эволюции среды космического мусора на высоких околоземных орбитах и опасности столкновения для систем, находящихся на этих орбитах. Эта модель включает в себя справочную картотеку объектов, пересекающих область геостационарной орбиты, два контрольных объема и функцию распространения орбиты, учитывающую возмущения, которые обусловлены основными зональными сферическими гармониками, тессеральными гармониками низкого порядка, лунно-солнечной гравитацией и давлением солнечного излучения. Саутгемптонский университет, который тесно сотрудничал с компанией QinetiQ, приложил значительные усилия для разработки и проверки достоверности этого пропагатора. В ходе дальнейшей работы над этой моделью будут добавлены несколько алгоритмов оценки опасности столкновения и модель взрыва. Это программное средство может использоваться для анализа стабильности окружающей среды и стратегий удаления космических аппаратов по окончании их срока службы.

13. В прошедшем году международный консорциум в составе Кентского университета, компании QinetiQ, Национальной организации аэрокосмических исследований (ОНЕРА) (Тулуза, Франция), Института им. Макса Планка (Гейдельберг, Германия) и Мэрилендского университета (Соединенные Штаты Америки) выполнил заключенный с ЕКА контракт по обеспечению возможности моделирования засоренности и других факторов среды не только на НОО, но и на ГСО. Были проведены, в частности, количественные оценки взаимодействий и моделирование динамики совокупности фрагментов космического мусора. В рамках этой деятельности была разработана и испытана модель прогнозирования засоренности ГСО, названная DIADEM. Эта модель увязана с моделью Master 99 (комплексное программное средство ЕКА для характеристики засоренности космического пространства фрагментами мусора и метеорными телами).

IV. Защита космической техники от орбитального мусора и оценка опасности столкновений

14. Другая область исследований, в которых Соединенное Королевство принимает весьма активное участие, связана с оценкой опасности и защитой космической техники от высокоскоростных соударений с фрагментами космического мусора.

А. Моделирование живучести спутников

15. Компания QinetiQ завершила разработку версии 1.0 новаторской и уникальной программной модели, получившей название SHIELD, которая предназначена для оценки живучести конструкций беспилотных космических аппаратов в засоренной среде и для выработки рекомендаций относительно экономически оправданных соответствующих стратегий защиты от космического мусора. Недавно была проведена начальная серия имитационных экспериментов для подтверждения адекватности модели, которые свидетельствуют о том, что результаты моделирования с помощью SHIELD заслуживают высокой степени доверия. На Конгрессе Международной астронавтической федерации в 2000 году в Бразилии был представлен специальный доклад о некоторых возможностях этой модели и полученных с ее помощью результатах.

В. Моделирование высокоскоростных соударений

16. Компания Century Dynamics продолжает продавать участникам космической деятельности в различных странах мира программу гидрокодowego моделирования AUTODYN и обеспечивать ее сопровождение. Эта программа используется для моделирования поведения материалов при высокоскоростном соударении. У компании имеется множество заказчиков, которые непосредственно участвуют в исследованиях по проблеме космического мусора, связанных с защитой от высокоскоростных соударений. Программой AUTODYN продолжают пользоваться ЕКА, Европейский аэрокосмический и оборонный концерн, Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов и Национальное агентство по освоению космического пространства Японии, а также многие их подрядчики. Программа AUTODYN широко используется для моделирования характеристик неметаллических материалов, таких, как стекло и композиты. В прошедшем году компания Century Dynamics выпустила программу Auto-Shield, которая специально предназначена для численного анализа результатов исследований экранной защиты от высокоскоростных соударений.

17. Компания продолжает работы по контракту с ЕКА/"Алениа", связанные с оценкой качества конструкции экранной защиты Международной космической станции "Колумб". Она участвовала также в осуществлении ряда других контрактов, связанных с изучением высокоскоростных соударений с конструкциями и компонентами спутников.

С. Проектирование космических аппаратов с учетом снижения опасности столкновений с космическим мусором

18. Управление по вопросам наблюдения Земли и науки компании Astrium Ltd. продолжает работать в сфере проектирования защиты от космического мусора, уделяя основное внимание проектированию систем космической техники и анализу космических полетов. Для анализа существующей для спутников опасности столкновений и перспектив схода с орбиты по окончании срока службы используются программные средства НАСА, данные исследований ЕКА и собственные вспомогательные программы.

Продолжаются исследования экранной защиты беспилотных космических аппаратов и соответствующих конструкций. В прошедшем году эти исследования были направлены на создание конструкций, изготавливаемых намоткой углеродного волокна, которые используются в сочетании с многослойной кевларовой защитой.

Соединенные Штаты Америки

1. В 2001 году в Соединенных Штатах Америки продолжались активные исследования и мероприятия в связи с проблемой космического мусора и были достигнуты значительные успехи как в измерении, так и в моделировании. В отношении кораблей "Спейс шаттл" и Международной космической станции продолжали применяться меры противодействия космическому мусору и не было зарегистрировано ни одного значительного повреждения. В марте 2001 года в Дармштадте, Германия, была проведена третья Европейская конференция по космическому мусору, на которой НАСА в качестве одного из главных участников представило 19 технических докладов. Кроме того, еще шесть докладов НАСА были представлены в октябре на пятьдесят втором Международном астронавтическом конгрессе в Тулузе, Франция.

2. В 2001 году два американских космических аппарата, которые долгое время находились на орбите, были изъяты из эксплуатации и переведены на орбиты длительного существования в целях снижения риска для других спутников. Спутник GOES-2, проработавший 24 года, был переведен на орбиту захоронения выше района геостационарной орбиты (35 785 км +/- 200 км). Спутник Landsat-4, проработавший 19 лет, с помощью маневров был переведен с гелиосинхронной орбиты высотой около 700 км на более низкую орбиту, с тем чтобы срок его пребывания на НОО после завершения программы полета не превышал более 25 лет.

3. Правительство Соединенных Штатов продолжило принимать меры для обеспечения полного понимания ведомствами и промышленностью американской политики и практики в отношении уменьшения засорения околоземного пространства. Так, в апреле в штаб-квартире НАСА был проведен кол-

локвиум по орбитальному мусору, в работе которого приняли участие представители всех центров НАСА и различных подрядчиков. Основная цель коллоквиума состояла в рассмотрении стратегии и руководящих принципов НАСА по уменьшению засорения околоземных орбит. В июне в Центре космических исследований им. Джонсона было проведено специальное совещание для всей структуры НАСА по рискам, связанным с возвращением спутников в атмосферу. Кроме того, в апреле в Колорадо–Спрингс, штат Колорадо, было проведено ежегодное совещание Рабочей группы НАСА/министерства обороны по орбитальному мусору.

4. В рамках содействия успешному осуществлению управляемого схода с орбиты космического комплекса "Мир" в марте 2001 года Соединенные Штаты предоставляли Российской Федерации данные слежения и приняли участие в практикуме по сходу комплекса "Мир", который был проведен в мае в Европейском центре космических операций. Кроме того, Соединенные Штаты приняли участие в совещаниях МККМ в марте и октябре 2001 года.

Опасность столкновения с космическим мусором и исследования по экранной защите

5. Одним из важных вопросов в первое десятилетие космических полетов, когда о космической среде было известно очень мало, был вопрос об опасности возможных столкновений с космическим мусором, в частности с метеорными телами. Для относительно коротких полетов космических аппаратов были найдены простые конструкторские решения, обеспечивающие достаточную защиту от этой естественной угрозы. Современным космическим аппаратам, совершающим длительные полеты, угрожает не только совокупность естественных частиц, но и растущая антропогенная засоренность околоземного пространства.

6. После того, как в 1984 году с помощью космического корабля "Спейс шаттл" были возвращены на Землю и изучены компоненты спутника "Солар максимум", Соединенные Штаты активно проводят исследования по проблеме опасности столкновения с космическим мусором и созданию экранной защиты. В рамках того же полета "Спейс шаттл" была выведена на орбиту созданная НАСА платформа для длительного экспонирования LDEF, которая шесть лет спустя была возвращена на Землю и стала источ-

ником обширных данных о столкновениях с космическим мусором. На поверхности LDEF было отмечено более 30 000 вмятин от соударений, т.е. ежедневно происходило в среднем по 15 соударений или почти по одному соударению на каждом витке вокруг Земли. Аналогичные отметины обычно наблюдаются также на космическом телескопе Хаббла и самих кораблях "Спейс шаттл".

7. Столкновения с частицами размером до 1 миллиметра (мм) в диаметре, как правило, не наносят значительного ущерба системам космических аппаратов. Тем не менее конструкторы космической техники должны в своих расчетах предусматривать компенсацию долгосрочного воздействия таких высокоскоростных соударений, особенно в том, что касается энергетических систем и систем терморегулирования. Следствием длительного воздействия частиц космического мусора может быть падение выходной мощности в результате выхода из строя отдельных солнечных элементов или их соединений, а также снижение коэффициента полезного действия теплоотражающих поверхностей.

8. В период с октября 1998 года по апрель 2001 года были совершены 12 полетов МТКК "Спейс шаттл", после которых пришлось заменить в общей сложности 30 панелей остекления, поврежденных метеорными телами и орбитальным мусором. Таким образом, для "Спейс шаттла", имеющего 11 главных панелей остекления, после каждого полета требуется замена почти 25 процентов панелей. Как отмечается в подготовленном Научно–техническим подкомитетом *Техническом докладе о космическом мусоре*², частицы такого размера по своему происхождению в настоящее время почти в равной пропорции могут быть отнесены к природным и техногенным источникам.

9. Учитывая, что большинство соударений с космическим мусором являются высокоскоростными, даже весьма небольшие частицы могут обладать высокой относительной кинетической энергией и вызывать повреждения, по размеру намного превосходящие размер самих частиц. Например, во время полета "Спейс шаттла" в 2000 году в результате соударения с алюминиевой частицей размером 0,1 мм на панели остекления образовался кратер

² Издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.99.I.17.

диаметром 2 миллиметра. В 1998 году результатом столкновения с частицей краски размером 0,3 мм стала пробоина в радиаторе "Спейс шаттла" диаметром в 1 миллиметр. В последние годы радиаторы "Спейс шаттла" были доработаны с целью снижения вероятности пробития и потенциального последующего разрушения трубопровода системы терморегулирования.

10. В 2001 году пробоины от космического мусора были обнаружены на Международной космической станции: одна – во время внешнего осмотра при выходе астронавтов в открытый космос, а другие – во время осмотра многоцелевого модуля материально-технического обеспечения "Леонардо" после его первого полета продолжительностью менее двух недель. Одно из наиболее серьезных столкновений с частицами космического мусора диаметром менее 1 мм произошло с частицей размером 0,4 мм, которая пробила тканевую обшивку и ударила в магистральный трубопровод "Спейс шаттла". Сила удара была такова, что образовалась вмятина глубиной в половину толщины трубопровода и отделилась часть стенки со стороны охладителя. Несколько более крупная или более быстрая частица могла бы привести к утечке хладагента и преждевременному прекращению программы полета.

11. Иногда происходят также соударения космических аппаратов с частицами размером более 1 мм, хотя плотность потока частиц размером 1 мм на высоте орбиты Международной космической станции в 1 000 раз меньше, чем плотность потока частиц размером 0,1 миллиметра. В нескольких полетах корабля "Спейс шаттл" сталкивались с частицами космического мусора диаметром 1–2 миллиметра. В 1996 году с космическим кораблем "Колумбия" столкнулись два кусочка нержавеющей стали этого размера, а в 1997 году с кораблем "Атлантис" столкнулся кусочек алюминия размером 2 миллиметра. К счастью, эти удары пришлись на относительно прочные некритические поверхности.

12. Наиболее серьезным из известных столкновений фрагментов космического мусора с американскими космическими аппаратами является столкновение с одной из антенн с высоким коэффициентом усиления космического телескопа Хаббла, которое было обнаружено в 1993 году во время первого полета по техническому обслуживанию этого теле-

скопа. Отверстие диаметром 1,9 см обнаружили члены экипажа космического корабля "Эндевер". Такое повреждение вызвала довольно крупная частица, столкновение с которой могло бы привести к серьезным неисправностям на многих спутниках, в том числе на пилотируемых космических кораблях.

13. Для определения степени уязвимости конкретных компонентов и конструкций космических аппаратов важное значение имеет проведение исследований высокоскоростных соударений в лабораторных наземных условиях. С помощью обычных двухступенчатых газовых пушек можно разгонять снаряды до скорости 7 км в секунду (км/с). При использовании ингибированных кумулятивных зарядов можно достигать скорость 11 км/с. Благодаря таким средствам исследователи могут проводить оценку последствий столкновения с частицами разного размера, состава, формы, скорости и угла соударения. Основные американские лаборатории по исследованию высокоскоростных соударений находятся в Испытательном центре НАСА в Уайт-Сэндс и в принадлежащем ВВС Центре технических опытно-конструкторских работ им. Арнольда.

14. Для снижения потребностей в испытаниях и для прогнозирования последствий соударений на скорости свыше 11 км/с используется основанное на законах физики компьютерное моделирование с помощью программ, называемых гидрокодами. Результаты лабораторных испытаний и использования гидрокодов позволяют составлять баллистические предельные уравнения, другими словами математические отношения, которые характеризуют условия, при которых фрагменты космического мусора пробивают поверхность. Вероятность пробития является основным мерилем качества при оценке возможностей защиты.

15. Применительно к космическому аппарату для общей оценки риска используется модель засоренности околоземного пространства в сочетании с подробным описанием космического аппарата, включая многочисленные баллистические предельные уравнения для каждого типа поверхности. Применительно к кораблям "Спейс шаттл", Международной космической станции и роботизированным спутникам используется созданная НАСА модель BUMPER, с помощью которой производится расчет вероятности соударения и пробития в течение конкретного периода времени.

16. Для того чтобы космические аппараты отвечали требованиям по вероятности непробития, возможно, требуется экранная защита от космического мусора. Защиту космических аппаратов от мелких частиц космического мусора в определенной степени обеспечивает сама конструкция аппаратов и используемые изоляционные материалы. Простейшим типом защиты является выносной защитный экран "Уиппл", который представляет собой тонкий (обычно алюминиевый) лист, прикрепляемый непосредственно перед защищаемой поверхностью. При ударе частицы космического мусора о выносной экран энергия удара поглощается экраном и разрушает частицу, в результате чего образуется облако менее крупных и менее опасных фрагментов. К тому моменту, когда это облако достигнет корпуса космического аппарата, фрагменты распределятся по большей площади, т.е. снизится количество энергии, приходящейся на единицу площади поверхности космического аппарата.

17. Во впервые опробованной НАСА экранной защите "Уиппл" с наполнением, называемой также мультишоковым экраном, дополнительно к базовой конструкции защитного экрана "Уиппл" используется легкий материал, помещаемый между экраном и корпусом аппарата. В качестве таких материалов обычно используются кевлар и нектель. Варьируя материал, толщину и удаленность экрана, а также количество и тип промежуточных слоев, можно добиться эффективной экранной защиты конкретной поверхности космического аппарата от столкновения с определенным космическим мусором при общей массе экранной защиты значительно меньше, чем у простого защитного экрана "Уиппл".

18. На Международной космической станции будут использоваться более 300 типов защитных экранов "Уиппл" с наполнителем для защиты от частиц размером 1–2 см в диаметре. Так, для лабораторного модуля "Дестини" используется экранная защита "Уиппл" глубиной 10,7 см, которая состоит из алюминиевого экрана толщиной 0,2 см, многослойной изоляции, шести слоев нектеля и шести слоев кевлара перед корпусом модуля толщиной 0,48 см. Этот экран способен защитить от пробития в случае лобового столкновения с частицей алюминия размером 1,35 см, движущейся со скоростью 7 км/с.

19. Вариантом экранной защиты "Уиппл" с наполнителем является сетчатый двойной экран, состоящий из тонкой металлической сетки, вынесенной перед цельным экраном. Благодаря сетке частица космического мусора разрушается еще до того, как достигает второго обычного экрана.

20. В НАСА разработана также новая конструкция экранной защиты от космического мусора, которая особенно подходит для космических аппаратов с большими надувными устройствами. Образец этой защиты представляет собой слоистую конструкцию, состоящую из четырех слоев нектеля (по два листа в каждом) и одного слоя кевлара, между которыми находится низкоплотный пенопласт. В ходе запуска эта защитная конструкция может оставаться сложенной, занимая небольшой объем, а на орбите выдвигается на высоту 75 см для создания необходимого интервала между листами нектеля и кевлара, с тем чтобы обеспечить эффективность защиты. Такая конструкция способна останавливать частицы алюминия до 1,8 см в диаметре, движущиеся со скоростью 7 км/с.

III. Ответы, полученные от международных организаций

A. Организация Объединенных Наций

Международный союз электросвязи

По данной теме нет никакой информации, основывающейся на работе групп технических исследований в рамках Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи.

B. Другие международные организации

Международный астрономический союз

По мнению Международного астрономического союза, проблема космического мусора занимает важное место в ряду вопросов, касающихся окружающей среды, которые оказывают влияние на развитие астрономии, в частности на астрономические наблюдения со спутников. Международный

астрономический союз с большим интересом будет следить за работой по определению практических мер для снижения засорения околоземного пространства, которая была начата по инициативе Комитета по использованию космического пространства в мирных целях в рамках выполнения рекомендаций третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-III), и надеется внести определенный вклад в эту работу. С другой стороны, учитывая характер Международного астрономического союза, члены этого Союза содействуют решению этого вопроса в рамках своей профессиональной деятельности в национальных и международных космических агентствах, в то время как Союз не осуществляет самостоятельной программы в этой области.
