

**Генеральная Ассамблея**

Distr.: General
14 November 2014
Russian
Original: English

**Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях****Научно-технический подкомитет****Пятьдесят вторая сессия**

Вена, 2-13 февраля 2015 года

Пункт 7 предварительной повестки дня*

Космический мусор**Национальные исследования, касающиеся
космического мусора, безопасного использования
космических объектов с ядерными источниками
энергии на борту и проблем их столкновений
с космическим мусором****Записка Секретариата****I. Введение**

1. В своей резолюции 69/85 Генеральная Ассамблея выразила глубокую обеспокоенность в связи с уязвимостью космической среды и угрозами долгосрочной устойчивости космической деятельности, в частности влиянием проблемы космического мусора, которая волнует все государства. Генеральная Ассамблея сочла, что государствам крайне необходимо уделять больше внимания проблеме столкновений космических объектов, особенно объектов с ядерными источниками энергии, с космическим мусором и другим аспектам проблемы космического мусора, и призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу, разрабатывать усовершенствованные технологии наблюдения за космическим мусором и собирать и распространять данные о космическом мусоре. Ассамблея также сочла, что, по мере возможности, информацию по этому вопросу следует представлять Научно-техническому подкомитету, и выразила согласие с необходимостью международного сотрудничества для расширения соответствующих и

* A/AC.105/C.1/L.341.



доступных стратегий сведения к минимуму воздействия космического мусора на будущие космические полеты.

2. На своей пятьдесят первой сессии Научно-технический подкомитет счел, что исследования проблемы космического мусора необходимо продолжать и что государства-члены должны предоставлять всем заинтересованным сторонам результаты таких исследований, в том числе информацию о принимаемых практических мерах, которые доказали свою эффективность в деле сведения к минимуму образования космического мусора (А/АС.105/1065, пункт 103). Подкомитет также решил предложить государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя при Комитете, представить сведения об исследованиях, посвященных космическому мусору, безопасному использованию космических объектов с ядерными источниками энергии на борту и проблемам столкновения таких объектов с космическим мусором, и сообщить о мерах, принимаемых для осуществления руководящих принципов предупреждения образования космического мусора на практике (А/АС.105/1065, пункт 104), и с учетом этого в вербальной ноте от 31 июля 2014 года было предложено препроводить доклад до 20 октября 2014 года, с тем чтобы представить соответствующую информацию Подкомитету на его пятьдесят второй сессии.

3. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от трех государств-членов – Австрии, Германии и Швейцарии, а также трех неправительственных организаций, имеющих статус постоянного наблюдателя при Комитете – Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР), Фонда "За безопасный мир" и Консультативного совета представителей космического поколения (КСПКП). Полученная от КСПКП информация, содержащая изображения и диаграммы, касающиеся проблемы космического мусора, будет представлена в виде документа зала заседаний на пятьдесят второй сессии Научно-технического подкомитета.

II. Ответы, полученные от государств-членов

Австрия

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2014 года]

С 1982 года Институт космических исследований Австрийской академии наук использует станцию спутниковой лазерной дальнометрии на базе Лустбюэльской обсерватории в Граце. Эта станция круглосуточно и ежедневно измеряет расстояния до оборудованных ретрорефлекторами спутников, которых насчитывается более 60, включая геодезические спутники, спутники глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ("Галилео", GPS, ГЛОНАСС, "Компас" и т.д.), спутники наблюдения Земли и различные научно-исследовательские спутники. Точность проводимых станцией в Граце разовых измерений составляет приблизительно 2-3 мм; определяемой является разность расстояний до 0,2 мм. Благодаря этим показателям спутниковая станция лазерной дальнометрии в Граце считается одной из наиболее точных в мире.

В 2012 году лазерная станция в Граце начала использовать лазерную дальнометрию применительно к объектам космического мусора. Были разработаны новые специальные однофотонные детекторы, а программное обеспечение лазерной дальнометрии было адаптировано применительно к слежению за космическим мусором. Впервые были произведены измерения фотонов, которые были диффузно отражены от объектов космического мусора, что является основой для определения расстояния до этих объектов. Хотя точность этих измерений выходит за миллиметровый диапазон (размеры отдельных объектов мусора составляют от одного до нескольких метров), такой подход позволяет значительно лучше определять орбиту этих объектов.

Еще более повысить точность определения орбит можно было бы, если бы другие спутниковые станции лазерной дальнометрии могли улавливать грацкие диффузноотраженные фотоны. Первый такой эксперимент был успешно проведен в 2012 году: фотоны, переданные в Граце, были диффузно отражены спутником и уловлены спутниковой станцией лазерной дальнометрии в Циммервальде (Швейцария), работу которой было необходимо синхронизировать с работой станции в Граце. Этот метод без проблем допускает охват еще нескольких работающих только на прием станций.

С 2013 года лазерная станция в Граце участвует в осуществляемой Европейским космическим агентством Программе обеспечения осведомленности об обстановке в космосе. В ближайшие годы планируется расширение сотрудничества на европейском и международном уровнях.

Германия

[Подлинный текст на английском языке]
[27 октября 2014 года]

В Германии научно-исследовательская деятельность по вопросам, связанным с космическим мусором, проводится во всех соответствующих областях, таких, как моделирование засоренности космического пространства, наблюдение за космическим мусором, изучение последствий высокоскоростных соударений для космических аппаратов и защита космических систем от соударений с микрометеорными телами и космическим мусором. Немецкие эксперты принимают активное участие в соответствующих международных форумах по вопросам исследований проблемы космического мусора, в частности в работе Межагентского координационного комитета по космическому мусору (МККМ) и в деятельности по разработке международных стандартов в области предупреждения образования космического мусора.

В отношении космических проектов, разрабатываемых Космическим управлением Германского аэрокосмического центра (ДЛР), требования, касающиеся предупреждения образования космического мусора, являются частью требований к качеству и безопасности изделий для космических проектов ДЛР. Эти требования обеспечивают осуществление международно признанных мер по недопущению засорения космоса, в частности мер, указанных в Руководящих принципах предупреждения образования космического мусора, принятых МККМ, и в Руководящих принципах

предупреждения образования космического мусора, принятых Комитетом по использованию космического пространства в мирных целях. Основные цели заключаются в ограничении образования нового космического мусора и, тем самым, в ограничении опасности для нынешних и будущих космических полетов и угрозы жизни человека. К мерам, которые необходимо принять для достижения этих целей, относятся, в частности, проведение официальной оценки деятельности по предупреждению образования космического мусора и конкретные меры по проектированию, в частности, в целях предупреждения сброса связанных с полетами объектов, разрушений, неисправностей и столкновений на орбите, а также меры, связанные с пассивацией, выводом с орбиты по окончании срока эксплуатации и безопасным возвращением в атмосферу Земли.

Германский центр космических операций ведет проектную работу в целях повышения эффективности системы предупреждения столкновений, используемой для немецких гражданских спутников, путем ее дополнения различными средствами оценки и анализа критических сближений. В конце 2013 года были увеличены пороговые значения для группировки спутников TerraSAR-X/Tandem-X, что привело к получению до 10 оповещений в день. С августа 2013 года были проанализированы 189 критических событий, связанных с этими двумя спутниками, и были проведены четыре маневра уклонения от столкновения.

Институт технической физики ДЛР развернул в научных целях станцию оптического наблюдения космического мусора. Станция оборудована 17-дюймовым телескопом Дэлла-Киркхэма и различными современными высококачественными системами камер. С 2013 года с помощью оптических средств можно пассивно наблюдать различные объекты размером до 0,1 метра на низкой околоземной орбите. Анализ изображений трасс объектов, особенно некаталогизированных объектов, выявленных с помощью оптических средств, позволяет определить первоначальные орбиты для точного отслеживания. В режиме постоянного отслеживания точность замкнутой системы составляет 2 дюйма. В настоящее время устанавливается лазерная система для определения с помощью лазера удаленности объекта во время полета. В совокупности с пассивным оптическим отслеживанием эта система позволит с точностью до нескольких метров осуществлять трехмерное отслеживание находящихся на орбите объектов во время пролета над станцией.

В настоящее время в тесном сотрудничестве с Астрономическим институтом Бернского университета, Швейцария, ведется работа по развертыванию сети оптических станций, создаваемых Германским центром космических операций. Эта сеть предназначена для непрерывного наблюдения за геостационарной орбитой с помощью телеуправляемых роботизированных телескопов. Полученные данные позволят отслеживать и прогнозировать орбиту геостационарных объектов размером более 50 сантиметров. Для установки первого телескопа в 2015 году была выбрана обсерватория в Сазерленде, Южная Африка. Первые испытания прошли успешно, и полученные результаты даже превзошли ожидания.

Запланирован еще один проект в целях создания европейского центра сети телескопов фирмы "Фалькон" (СТФ). Такой центр должен позволить представителям научного сообщества принимать участие в значимых,

практических и подлинно научных экспериментах, что в свою очередь должно способствовать вовлечению учащихся в научную работу в рамках различных проектов и инициатив, предусматривающих использование уникальных ресурсов этой сети, проведение научных исследований в области обеспечения осведомленности об обстановке в космосе (ООК) и усовершенствование каталогов ООК. Сеть телескопов "Фалькон", являющаяся глобальной сетью телескопов с малой апертурой, разработана Центром научных исследований в области обеспечения осведомленности об обстановке в космосе при факультете физики в Академии военно-воздушных сил США в сотрудничестве с партнерами в образовательной системе. Этой сетью пользуются университеты-партнеры в Соединенных Штатах Америки и других странах в целях обеспечения осведомленности учащихся высших учебных заведений об обстановке в космосе и обучения по вопросам проведения астрономических исследований и для информационно-просветительской деятельности по вопросам, связанным с наукой, техникой, проектированием и математикой.

Для формирования способности самостоятельного наблюдения за космосом та или иная страна должна располагать базовой способностью использовать данные измерительной аппаратуры, например, для составления каталога космических объектов. В качестве первого шага в настоящее время ведется работа над проектом, нацеленным на разработку и применение ключевых технологий каталогизации космического мусора. Для симуляции данных измерений будет использоваться моделирующая установка. Эти данные позволят проработать такие основные функции, как соотнесение объектов, определение орбиты и составление базы данных по объектам. В настоящее время изучаются дополнительные методы определения и дальнейшего расчета орбиты, с тем чтобы обеспечить оперативные и точные методы для всей последовательности процессов в системе моделирования космических наблюдений.

В настоящее время Фраунгоферский институт высокоскоростной динамики продолжает научные исследования в целях усовершенствования экспериментальной характеристики новой легкогазовой пушки. Она способна разгонять частицы размером от 100 мкм до 2 мм до сверхзвуковой скорости. Эта установка призвана обеспечить достижение скоростей, придающих ударникам более мощный импульс по сравнению со стандартными легкогазовыми баллистическими установками, и в то же время снизить изнашиваемость установки. Это приведет к улучшению показателей в отношении проводимых в лаборатории экспериментальных испытаний на сохранение целостности компонентов космических аппаратов при ударном воздействии в среде космического мусора.

При вхождении космических объектов в более плотные слои атмосферы вследствие высокой скорости движения находящегося на орбите космического объекта возникает трение с атмосферой Земли, которое ведет к нагреванию космического объекта. Тепловая энергия может расплавить космический объект целиком или его части или привести к их испарению. Во многих случаях при возвращении в атмосферу Земли космический объект полностью сгорает, однако некоторые его части могут сохраниться в процессе возвращения и столкнуться с земной поверхностью.

В целях более глубокого понимания процесса фрагментации космического объекта и предоставления аналитикам возможности прогнозирования риска для населения и имущества на земле в настоящее время подготавливается новый проект по разработке методов оценки. Этот проект позволит проанализировать процессы возвращения в атмосферу и связанную с ним фрагментацию, а также оценить риск, который представляют не разрушившиеся в процессе возвращения в атмосферу компоненты для населенных районов.

Кроме того, в рамках осуществляемого в Брауншвейгском техническом университете проекта исследуются последствия активного увода космических аппаратов с орбиты по окончании их срока службы в соответствии с Руководящими принципами предупреждения образования космического мусора Комитета по использованию космического пространства в мирных целях, а также влияние активного космического мусора на эволюцию засоренности в долгосрочной перспективе. В этом контексте проводится анализ критичности объектов высокой степени риска с точки зрения их воздействия на окружающую среду в случае столкновения. Такой подход призван более точно оценить последствия процесса каскадного столкновения. В рамках другого мероприятия проводится анализ различных стратегий увода объектов из состава группировок, находящихся на средней околоземной орбите. Особый интерес представляет вопрос об опасности столкновения уведенных космических аппаратов, входивших в систему, с другими объектами, входящими и не входящими в ту или иную систему, в долгосрочной перспективе.

Швейцария

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2014 года]

Астрономический институт Бернского университета (АИБУ) продолжает исследования с целью обеспечить лучшее понимание ситуации с космическим мусором на околоземной орбите. АИБУ использует свой метровый телескоп ZIMLAT, небольшой роботизированный телескоп ZimSMART и новый телескоп ZimSpace, расположенные на швейцарской наземной станции оптических наблюдений и в Циммервальдской геодинамической обсерватории недалеко от Берна, для обнаружения и составления физических характеристик мелкого мусора. Одним из основных результатов этих исследований является уникальный каталог объектов космического мусора с высоким отношением площади к массе, находящихся на геостационарной и сильно вытянутых эллиптических орбитах. Каталог составлен и ведется в сотрудничестве с Европейским космическим агентством и Институтом прикладной математики им. М.В. Келдыша в Москве. Последний обслуживает международную Научную сеть оптических инструментов (НСОИ), с которой АИБУ в течение многих лет осуществляет обмен данными наблюдений в рамках научного сотрудничества. НСОИ сотрудничает с Инициативой по фундаментальной космической науке Управления по вопросам космического пространства. Исследования, проводившиеся недавно АИБУ, были сконцентрированы на подготовке подробных обзоров объектов мелкого мусора на сильно вытянутых

эллиптических орбитах, включая перевод на геостационарную орбиту, и на орбитах типа "Молния". Наблюдения свидетельствуют о наличии в этих областях орбит значительного количества "неизвестных" объектов, т.е. объектов, которые не содержатся ни в одном из орбитальных каталогов открытого доступа. Описание характеристик этих объектов будет иметь огромное значение с точки зрения выявления источников мусора и возможной выработки эффективных и экономически оправданных мер по предупреждению его образования. В 2010 году началось проведение исследования в целях обнаружения небольших фрагментов мусора в районе размещения группировок навигационных спутников. Это исследование является первым в своем роде в этой области орбит. Согласно полученным на сегодняшний день результатам никаких признаков разрушения крупных объектов в нынешней группировке навигационных спутников не выявлено. С учетом дискуссии о необходимости активного удаления крупных объектов с низкой околоземной орбиты АИБУ занимается осуществлением программы наблюдений для оценки скорости вращения на орбитах объектов крупного мусора на высоте от 700 до 1 000 км на основе изменения оптической кривой.

Швейцарский космический центр при Швейцарском федеральном технологическом институте в Лозанне (ФТИЛ) и его партнерские организации продолжают исследования и научно-технические разработки, связанные с активным удалением космического мусора в соответствии со своей программой "Clean-mE". В 2014 году их усилия были сосредоточены на системных исследованиях в целях рассмотрения проблем сближения с пассивными объектами. ФТИЛ по заказу Европейского космического агентства проводил оценку возможного проведения демонстрационных испытаний на орбите с использованием технологий на платформе CubeSat и принимал меры по уменьшению риска для дальнейших масштабных миссий по удалению крупного космического мусора. Спутники типа CubeSat – это наноспутники массой от 1 до 10 кг. Предлагаемые демонстрационные испытания технологий на платформе CubeSat на орбите предусматривают испытание техники датчиков сближения и технологии захватывания фрагментов космического мусора. Определенная работа продолжала проводиться в рамках проекта CleanSpace One.

III. Ответы, полученные от международных организаций

Комитет по исследованию космического пространства

[Подлинный текст на английском языке]

[4 ноября 2014 года]

За всю историю космических полетов, которая длится уже более 55 лет со времени запуска в 1957 году первого спутника, на околоземных орбитах накопилось множество антропогенных объектов. Подавляющее большинство из них не функционируют и относятся к категории "космического мусора". Существенная часть этого космического мусора представляет все более серьезную угрозу для роботизированных и управляемых космических аппаратов. В последние два десятилетия из-за имевших место разрушений и

столкновений растет обеспокоенность по поводу того, что в ближайшие десятилетия эта экологическая угроза превратится в одну из главных проблем.

Хотя в настоящее время многие космические субъекты принимают целый ряд мер для уменьшения образования космического мусора, их будет недостаточно для сдерживания дальнейшего засорения космоса, поскольку на околоземной орбите уже находится достаточное количество заброшенных объектов, которые могут разрушиться в результате столкновения, даже если на орбиту не будет выведено никаких новых объектов. Поэтому главная задача с точки зрения долгосрочной эволюции этой среды заключается в предотвращении катастрофических столкновений, в результате которых появляются тысячи новых фрагментов. Способы предотвращения столкновений, в частности, заключаются в предупреждении образования космического мусора, недопущении столкновений и удалении космического мусора из этой среды ("активное удаление космического мусора"). Для осуществления мер по недопущению столкновений необходима точная информация о траекториях всех объектов, которые создают опасность катастрофического столкновения. На сегодняшний день такая информация имеется только по весьма ограниченному количеству объектов. Для активного удаления космического мусора и предупреждения столкновений с нефункционирующими объектами необходимо разработать новые технологии изменения траекторий движения космического мусора или увода их с орбиты. Для разработки эффективных и экономически целесообразных мер в целях стабилизации количества космического мусора необходимы обширные научные исследования.

Комитет по исследованию космического пространства (КОСПАР) занимается темой космического мусора уже более трети века. На протяжении многих лет Группа КОСПАР по потенциально вредным для окружающей среды видам космической деятельности (ПЕДАС) неоднократно проводила совещания по вопросам космического мусора в ходе каждой сессии Научной ассамблеи КОСПАР, проводимой один раз в два года. На этих совещаниях рассматривались следующие вопросы: а) характеристики нынешней и будущей засоренности космической среды на основе результатов измерений и моделирования; б) риски для космических аппаратов, связанные со столкновениями с космическим мусором; в) средства защиты космических аппаратов; г) стратегии и принципы уменьшения образования нового космического мусора; и е) научное обоснование и технические рамки для очищения засоренной космическим мусором среды и тем самым ограничение дальнейшего засорения космоса.

На заседаниях ПЕДАС в 2014 году было представлено 38 документов по теме "Космический мусор: ответ на динамично развивающуюся окружающую среду". На сорок первой сессии Научной ассамблеи КОСПАР в 2016 году заседания ПЕДАС будут посвящены теме "Космический мусор: научное обоснование для действий", что является шагом вперед. В ходе четырех заседаний продолжительностью полдня внимание будет сосредоточено на достижениях в области оценки опасности столкновения во время проведения космических полетов, оценки столкновений на орбите, оценки рисков при возвращении в атмосферу Земли, методах предупреждения образования космического мусора и очищения космической среды от мусора и

эффективности этих методов с точки зрения долгосрочной стабильности среды, а также на традиционных темах, таких как проведение наблюдений с Земли и из космоса и методы их использования, методики проведения измерений в условиях космоса, модели засоренности космического пространства космическим мусором и метеорными телами, национальные и международные стандарты и руководящие принципы, касающиеся предупреждения образования космического мусора, технологии ускорения до сверхзвуковой скорости и концепции использования экранной защиты на орбитальных аппаратах. Особо приветствуются документы по смежным и комплексным вопросам, связанным с космической погодой и объектами, сближающимися с Землей.

Стабилизация количества космического мусора сопряжена с огромными проблемами, однако космические державы и международные научные организации, такие как КОСПАР, прилагают значительные усилия по обеспечению во всеобщих интересах долгосрочной устойчивости деятельности в околоземном космическом пространстве.

КОСПАР остается одной из ведущих организаций в области распространения информации о характере космического мусора и создаваемых им угроз и побуждения стран и организаций, занимающихся космической деятельностью, к проявлению ответственного подхода к космосу на всех этапах полетов, включая вывод на орбиту, эксплуатацию и увод с орбиты.

Фонд "За безопасный мир"

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2014 года]

В 2014 году Фонд "За безопасный мир" (ФБМ) продолжал работу над вопросами, связанными с космическим мусором и безопасностью на орбите, в рамках деятельности по обеспечению долгосрочной устойчивости космической деятельности. В рамках своих информационно-просветительских мероприятий ФБМ удалось представить заявление в Подкомитет по космосу Комитета Палаты представителей по науке, космосу и технологиям Соединенных Штатов Америки в ходе слушаний по проблеме борьбы с угрозой космического мусора. В письменном заявлении содержался, в частности, всеобъемлющий обзор, в рамках которого разъяснялась важность предупреждения образования космического мусора, управления космическим движением, удаления космического мусора и мер по очистке от космического мусора, а также обеспечения осведомленности об обстановке в космосе в целях минимизации угрозы космического мусора для космической деятельности. В документе Подкомитету также были предложены рекомендации относительно способов более эффективного учета правительством США руководящих принципов предупреждения образования космического мусора в национальных нормативных документах, а также усовершенствования услуг по обеспечению осведомленности о космической обстановке в целях оказания всем спутниковым операторам помощи в целях недопущения столкновений в космосе.

Аналогичным образом сотрудники ФБМ регулярно затрагивали вопрос о космическом мусоре в ходе обсуждений на совещаниях и конференциях, посвященных использованию космического пространства, на которых этот вопрос мог бы в ином случае и не рассматриваться. В качестве примеров таких инициатив можно привести, в частности, выступления и доклады на практикуме под названием "Новые космические экономики: следующие шаги на пути к процветанию", организованном международным дискуссионным форумом "Уилтонпарк", обсуждение "за круглым столом" по вопросам содействия обеспечению безопасности и устойчивости космоса, проведенное Советом по международным отношениям, а также обсуждения в рамках Международного симпозиума по туристическим и коммерческим полетам в космос, главное внимание в ходе которого было уделено обязанности расширяющегося коммерческого космического сектора принимать активное участие в деятельности по предупреждению образования космического мусора.

Сотрудники ФБМ приняли участие в третьем Европейском практикуме по моделированию и удалению космического мусора, проведенном в Париже 16-18 июня 2014 года. Участие ФБМ предусматривало, в частности, выполнение функции сопредседателя первого в истории совещания по юридическим, политическим и другим нетехническим проблемам, связанным с очищением космической среды от мусора, а также доклад о проекте протокола для определения порядка запроса разрешений на взаимодействие с космическим объектом с целью ослабления его воздействия на космическую среду. В протоколе используются принципы, закрепленные в действующих международных договорах о космическом пространстве и предусматривающие составление перечня шагов, которые может принять то или иное государство для определения того, к юрисдикции какого государства относится тот или иной космический объект и какое государство осуществляет контроль над ним. В случаях, когда это невозможно определить, в протоколе предлагаются меры, которые могут быть приняты в целях уведомления мирового сообщества о намерении государства удалить космический объект безопасным и ответственным образом.

В рамках усилий по содействию проведению обсуждений в рамках сотрудничества ФБМ взаимодействовал с Советом экономического развития Мауи и Японским космическим форумом (ЯКФ) в целях проведения двух диалогов в рамках Конференции по передовым мауинским оптическим технологиям и технологиям наблюдения за космосом (АМОС). Цель этих диалогов заключалась в организации обсуждения политических вопросов, связанных с сотрудничеством и обменом данными в контексте обеспечения осведомленности об обстановке в космосе. Первый диалог был проведен в Токио 26 февраля 2014 года непосредственно перед третьим Международным симпозиумом ЯКФ по устойчивому развитию и использованию космоса для целей человечества. Второй диалог был проведен на острове Мауи, Соединенные Штаты, 11 сентября 2014 года в рамках конференции АМОС 2014 года. В обоих диалогах приняли участие представители правительств и частного сектора различных стран в целях обсуждения способов более эффективного обмена данными и сотрудничества по линии обеспечения осведомленности об обстановке в космосе.

Наконец, в рамках своей обычной информационно-просветительской деятельности по этому вопросу ФБМ вновь подробно осветил проблему космического мусора в своей публикации под названием "Устойчивость космонавтики: практическое руководство", которая была обновлена и переиздана в этом году. Этот документ можно загрузить бесплатно с веб-сайта ФБМ по адресу http://www.swfound.org/media/121399/swf_space_sustainability_a_practical_guide_2014__1_.pdf.

Консультативный совет представителей космического поколения

[Подлинный текст на английском языке]
[7 ноября 2014 года]

Засоренность космического пространства

С тех пор как в 1957 году был запущен первый спутник, на орбите Земли появилось множество объектов. Многие страны и коммерческие предприятия запустили свои собственные космические аппараты на околоземную орбиту, многие из которых все еще находятся на орбите. Из числа всех объектов в космосе продолжают функционировать только 6 процентов, тогда как порядка 60 процентов представляют собой фрагменты, образовавшиеся в результате взрывов и столкновений. Эти неконтролируемые фрагменты, наряду с другими элементами космического мусора, в частности отработавшими ракетами и выведенными из эксплуатации спутниками, могут сталкиваться друг с другом, увеличивая засоренность космоса. Этот замкнутый круг, широко известный как синдром Кесслера, с течением времени приводит к увеличению количества космического мусора в геометрической прогрессии и, тем самым, к росту опасности для функционирующих на орбите объектов.

Данные о вертикальном распределении космического мусора указывают на то, что за период с начала 2007 года по апрель 2012 года количество космического мусора на высоте 1 000 км увеличилось более чем вдвое. Такое резкое увеличение засоренности произошло главным образом за счет фрагментов, образовавшихся в результате проведенного Китаем в 2007 году испытания противоспутникового оружия и столкновения в 2009 году спутников "Иридиум-33" и "Космос-2251". Такие происшествия, как столкновение этих спутников, указывают на то, насколько серьезно могут повлиять столкновения объектов космического мусора на изменение засоренности.

В настоящее время зона засоренности на низкой околоземной орбите (НОО) не является устойчивой. Проведенное моделирование свидетельствует о том, что даже без дальнейших запусков она будет продолжать медленно расти. Однако такой сценарий является оптимистичным и в то же время нереалистичным, поскольку космические запуски вряд ли когда-либо прекратятся в ближайшем будущем. С учетом показателей регулярных запусков и в отсутствие мер по предупреждению образования космического мусора засоренность орбит, скорее всего, будет увеличиваться в геометрической прогрессии.

По распределению 500 наиболее крупных объектов космического мусора можно определить, какие из них представляют серьезную опасность столкновения, взяв за основу соотношение значений апогея и перигея и различных показателей наклона находящихся на низкой околоземной орбите ракет и космических аппаратов, обладающих наиболее высокими показателями массы и вероятности столкновений. Именно с этими объектами, скорее всего, произойдут катастрофические столкновения, которые приведут к росту засоренности НОО, как показало столкновение спутников "Иридиум" и "Космос".

Космические аппараты с ядерными источниками энергии на борту

В отношении космических аппаратов с ядерными источниками энергии на борту необходимо рассмотреть три основных сценария:

сценарий 1: космический аппарат оборудован радиоизотопным термоэлектрическим генератором (РТГ), снабжающим космический аппарат энергией и обеспечивающим обогрев приборов (например, в полетах в дальний космос);

сценарий 2: космический аппарат оборудован ядерным источником энергии и использует эту энергию для энергоснабжения космического аппарата, в том числе на этапе запуска (например, проект Rover и программа "Атомный двигатель для применения в ракетной технике" (НЕРВА));

сценарий 3: космический аппарат разработан таким образом, что ядерная технология используется для реактивного движения, но не для запуска космического аппарата. Ядерная силовая установка задействуется только после выхода космического аппарата на орбиту.

Сценарии 2 и 3 отличаются главным образом в части, касающейся этапа запуска, и рассматриваются в следующем разделе.

Наиболее часто встречается сценарий 1, который используется главным образом для полетов с целью исследования дальнего космоса. Энергия питаемых Солнцем солнечных батарей уменьшается по закону обратной пропорциональности квадрату расстояния: по мере увеличения расстояния до Солнца уменьшается количество энергии, получаемой космическим аппаратом, использующим солнечную энергию. Ядерная технология обеспечивает надежный источник тепла и энергии для систем космических аппаратов, когда они удаляются на такое расстояние, на котором солнечные батареи больше не обеспечивают энергию для всех практических нужд. РТГ в основном преобразует тепло, выделяемое при естественном распаде радиоактивного вещества (как правило, плутония-238), в электроэнергию за счет эффекта Зеебека. Следует отметить, что эта реакция не является реакцией деления.

РТГ использовались для надежного регулирования электропитания и теплового состояния в рамках таких миссий, как "Марсианская научная лаборатория" (в ходе которой на Марсе высадились марсоход Curiosity) и миссии по наблюдению Солнечной системы, в частности Voyager 1 и 2 и Pioneer 10 и 11.

В прошедшие годы сообщалось о ряде аварий, связанных с космическими аппаратами с ядерными источниками энергии на борту. Первая такая авария

произошла в 1964 году, когда в результате поломки оборудования навигационный спутник TRANSIT 5BN-3 совершил неконтролируемое возвращение в атмосферу Земли. Спутник полностью сгорел в верхних слоях атмосферы, поскольку был разработан таким образом, однако сложно определить долгосрочные последствия для населения. Такое возвращение ведет к накоплению радионуклидов в верхних слоях атмосферы, которые со временем могут опуститься по спирали до уровня моря. Поскольку период полураспада вещества в РТГ, как правило, является продолжительным (тысячи лет), вполне возможно, что населению и окружающей среде был нанесен вред.

Два других широко известных происшествия, связанных с космическими аппаратами с ядерными источниками энергии на борту, произошли с космическим кораблем "Аполлон-13", когда космический аппарат вернулся в атмосферу с функционирующим РТГ на борту, и со спутником радиолокационной океанической разведки (RORSAT) "Космос-954", который совершил неуправляемый спуск в атмосферу Земли и разбился в безлюдном районе на северо-западе Канады. Конструкция этого спутника предусматривала сгорание при возвращении в атмосферу, однако это не произошло, и существенное количество ядерного материала достигло Земли. РТГ с "Аполлона-13" затонул в южной части Тихого океана, где остается и по сей день. РТГ не разрушился при возвращении в атмосферу и ударе, и не было выявлено никакой утечки радиации.

С учетом этих происшествий в проекты ядерных энергетических установок, использующихся в космических системах, были внесены изменения. В настоящее время ядерные энергетические установки разрабатываются таким образом, чтобы в целостности и сохранности выдержать возвращение в атмосферу Земли и удар о поверхность и, что важнее всего, не допустить при этом никакой утечки радиоактивных веществ. РТГ на борту "Аполлона-13" уже был разработан таким образом, что свидетельствует об обоснованности такого подхода.

Запуск

Самым важным этапом программы полета космического аппарата с ядерным источником энергии на борту считается запуск, который также представляет собой наиболее опасную потенциальную угрозу для населения.

На этом этапе также представляется важным ознакомиться с понятием "критичность". По сути критичность означает момент начала реакции деления в ядерном реакторе, в результате чего начинают накапливаться побочные продукты. До наступления критичности побочные продукты в ядерном топливе отсутствуют. Топливо является относительно безвредным по сравнению с побочными продуктами, поскольку обычно представляет собой альфа-излучатель и представляет серьезную угрозу здоровью человека только в случае его проглатывания. Однако при достижении критичности в установке начинают накапливаться побочные продукты деления. Такой процесс представляет гораздо более серьезную опасность здоровью человека, поскольку существенная часть побочных продуктов является бета- и гамма-излучателями, которые могут нанести вред здоровью человека уже только при внешнем облучении.

Согласно сценарию 2 критичность достигается до запуска, когда тепло, выделившееся в результате ядерной реакции, используется в качестве источника энергии для запуска космического аппарата. Такой подход был использован и испытан в середине XX века в рамках программы Rover/NERVA. Однако при таком сценарии любая неисправность ракеты потенциально может привести к высвобождению побочных продуктов реакции деления. Сценарий 3, в свою очередь, предусматривает вывод космического аппарата на орбиту с помощью обычных двигательных установок. Очевидно, что высвобождение любого ядерного вещества, будь то до или после наступления критичности, является нежелательным. Тем не менее для предупреждения любых возможных серьезных последствий было бы идеальным не допускать наступления критичности ядерного реактора до благополучного выхода на орбиту.

Полеты на околоземную орбиту и опасность столкновения с космическим мусором

Соударение с космическим мусором должно считаться катастрофичным событием при наихудшем развитии ситуации, поскольку речь идет о значительных энергиях. Также примером наихудшего развития ситуации было бы разрушение оболочки реактора, в результате которого произошла бы утечка продуктов деления в космос. В случае РТГ предполагается, что столкновение приведет к уничтожению РТГ и рассеиванию образовавшихся частиц. В зависимости от конкретного места столкновения на орбите такая ситуация необязательно создаст угрозу для населения или окружающей среды на Земле, поскольку пока нет сопротивления атмосферы и орбиту можно считать стабильной, можно в целом предполагать, что ядерный материал останется на этой орбите. Однако существует также вероятность того, что такое столкновение сообщит достаточную энергию каким-либо объектам космического мусора, которая выведет их на орбиту, на которой сопротивление атмосферы становится движущей силой, будь то в результате первоначального удара или последовавших вторичных ударов, произошедших позднее.

Исходя из имеющихся знаний о распределении находящегося на орбите космического мусора в виде слоя вокруг центра орбиты на высоте орбиты, такая модель по сути приведет к образованию полосы излучения на определенной орбитальной высоте.

Для астронавтов и космических аппаратов такая ситуация вряд ли создаст непосредственную серьезную угрозу, хотя любой астронавт, который будет проводить какие-либо работы в открытом космосе на соответствующей высоте, может столкнуться с прямой угрозой здоровью. В этой связи представляется вероятным, что столкновение, в результате которого произошла утечка ядерного материала на орбиту, приведет к ограничению выбора мест, где могут осуществляться выходы в открытый космос. При этом также необходимо учесть вопросы репутации, поскольку широкая общественность, как правило, не доверяет ядерным технологиям. Подобный инцидент мог бы в действительности привести к преждевременному прекращению текущих и будущих программ полетов космических аппаратов с ядерными источниками энергии на борту. Таким образом, последствия подобного инцидента были бы

исключительно серьезными, даже если бы они и не представляли непосредственную угрозу здоровью человека.

Необходимо также оценивать вероятность столкновения с космическим мусором. Проводились исследования в целях оценки размеров и количества космического мусора на орбите, и на этой основе представляется относительно несложным смоделировать вероятность столкновения с космическим мусором. Такая вероятность является в целом невысокой (порядка 10^{-5} в год). Однако в совокупности с вышеупомянутыми серьезными последствиями общий риск может быть признан высоким, и исходя из этого риска следует осуществлять любые инженерно-технические программы, с тем чтобы предусмотреть в их рамках существенные гарантии недопущения утечки радионуклидов в случае столкновения.

Увод с орбиты

Также необходимо принимать во внимание необходимость увода космического аппарата с орбиты после выполнения миссии. Что произойдет с критичным ядерным реактором?

Самым простым ответом на этот вопрос был бы увод космического аппарата на безопасную орбиту захоронения, на которой он бы и оставался. Такие действия привели бы к увеличению количества объектов космического мусора на орбите и впоследствии способствовали бы увеличению риска соударения с космическим мусором в ходе будущих полетов. Более того, столкновения с отслужившими свой срок космическими объектами с ядерными источниками энергии на борту могут повлечь за собой другие последствия, в частности утечку радиоактивного материала в космос.

Безопасным решением в более долгосрочной перспективе является управляемое возвращение космической системы в атмосферу Земли. Для этого необходимо, чтобы космический аппарат, и в частности его ядерные компоненты, были разработаны таким образом, чтобы выдерживать высокие температуры, внешнее воздействие и ударные нагрузки, сопутствующие процессу возвращения в атмосферу Земли. Такие космические аппараты с системами РТГ на борту уже разрабатывались и использовались для целей исследования планет, однако такие космические аппараты могут быть намного более дорогостоящими.

Гораздо сложнее задача в том случае, когда речь идет о действующих ядерных реакторах (и их побочных продуктах деления), поскольку до сих пор неясно, может ли быть изготовлен реактор, способный выдержать нагрузки, связанные с возвращением в атмосферу Земли. Риск, сопряженный с уводом отслуживших ядерных реакторов на орбиту захоронения, предназначенную непосредственно для утилизации космических аппаратов с ядерными источниками энергии на борту, учитывая маловероятность будущих столкновений, был бы гораздо меньше рисков, сопряженных с их возвращением в атмосферу Земли. Необходимо выбрать такую орбиту захоронения, которая позволила бы минимизировать количество столкновений объектов космического мусора и вероятность возникновения дальнейших угроз в будущем.

Полеты в целях исследования дальнего космоса

В некоторой мере более приемлемым является использование космических аппаратов с ядерными источниками на борту для полетов не на околоземную орбиту, а для исследования дальнего космоса. В поддержку использования ядерной энергии свидетельствует то, что по мере удаления от Солнца эффективность солнечных батарей снижается, тогда как эффективность РТГ возрастает. Космические аппараты для полетов в дальний космос создают такую же опасность при запуске, однако они проводят меньше времени в непосредственной близости к Земле. Соответственно, существует меньший риск столкновения таких космических аппаратов с космическим мусором.

Однако на практике это зависит от программы полета. Если космический аппарат запускается с Земли на переходную орбиту прямого выведения к его пункту назначения (что случается редко) и происходит авария, то радиоактивный космический мусор, образовавшийся в результате аварии, останется на орбите, которая может со временем пересечься с орбитой Земли, в результате чего в конечном счете радиоактивный космический мусор может оказаться в непосредственной близости от Земли.

Заключение

Использование ядерных источников энергии на борту космических аппаратов позволило осуществить в прошлом несколько важных полетов (в частности, полеты в целях исследования дальнего космоса), и, при условии принятия необходимых мер безопасности, их можно продолжать использовать и далее. В этой связи Консультативный совет представителей космического поколения рекомендует следующее:

а) если космический аппарат использует ядерную установку, то она сначала должна быть доставлена на орбиту, и реакция деления должна начинаться только на орбите, а не использоваться в качестве ядерной силовой установки для вывода на орбиту;

б) применительно ко всем космическим аппаратам, использующим ядерную энергию, особое внимание следует уделять обеспечению эксплуатационной надежности и прочности ядерной энергоустановки. Необходимо обеспечить ее защиту от соударений с космическим мусором, нагрузок и предельных температур при возвращении в атмосферу Земли;

с) для полетов космических аппаратов с ядерными энергоустановками в дальний космос следует, по возможности, использовать орбиту непрямого выведения;

д) по истечении срока службы все низкоорбитальные космические аппараты с РТГ-установкой должны совершать управляемый вход в атмосферу Земли так, чтобы ядерная энергоустановка оставалась в целостности и сохранности;

е) по истечении срока службы все космические аппараты на геосинхронной орбите, использующие ядерные реакторы или РТГ, должны уводиться на орбиту захоронения. Орбиту захоронения следует выбирать таким образом, что обеспечить стабильность (т.е. не допустить разрушения и

возникновения опасности столкновения) на протяжении периода полураспада ядерного топлива или до тех пор, пока испускаемое излучение уже не будет представлять опасности для человека;

f) для каждого полета, для осуществления которого рассматривается возможность использования ядерной энергии, следует создавать независимую группу по обеспечению ядерной безопасности (аналогичную Межучрежденческой группе контроля ядерной безопасности в Соединенных Штатах Америки) в целях обеспечения выполнения всех процедур безопасности;

g) усилия по обеспечению безопасности следует сосредоточить на планировании и предотвращении, нежели на расследовании аварий.

О Консультативном совете представителей космического поколения

Консультативный совет представителей космического поколения является международной некоммерческой организацией, деятельность которой направлена на учащихся и молодых специалистов в космическом секторе. Эта организация представляет мнения представителей следующего поколения космических руководителей в соответствующих органах системы Организации Объединенных Наций и других космических организациях.

Поскольку Совет был учрежден в среде Организации Объединенных Наций (а именно на третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях), его работа с Организацией Объединенных Наций, в частности с Комитетом по использованию космического пространства в мирных целях, имеет центральное значение для выполнения поставленных перед ним задач. Совет регулярно представляет материалы Комитету и выполняет функцию проводника мнений своих членов.