

**Генеральная Ассамблея**

Distr.: General  
2 November 2015  
Russian  
Original: English

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

Вена, 15-26 февраля 2016 года

Пункт 8 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 70/82 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, и 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. Она призвала продолжать национальные исследования по этому вопросу, разрабатывать усовершенствованные технологии наблюдения за космическим мусором и собирать и распространять данные о космическом мусоре. Ассамблея сочла также, что, по мере возможности, информацию по этому вопросу следует представлять Научно-техническому подкомитету Комитета по использованию космического пространства в мирных целях, и выразила согласие с необходимостью международного сотрудничества для расширения соответствующих и доступных стратегий

\* A/AC.105/C.1/L.336.



сведения к минимуму воздействия космического мусора на будущие космические полеты.

2. На своей пятьдесят второй сессии Подкомитет решил, что следует и далее предлагать государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя при Комитете, представлять сведения об исследованиях, посвященных космическому мусору, безопасности космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, проблемам столкновения таких космических объектов с космическим мусором, а также мерам, принимаемым для осуществления на практике руководящих принципов предупреждения образования космического мусора (см. А/АС.105/1088, пункт 113), и на основании этого решения была разослана вербальная нота от 27 июля 2015 года с предложением представить сообщения до 19 октября 2015 года, с тем чтобы полученная информация могла быть представлена Подкомитету на его пятьдесят третьей сессии.

3. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от четырех государств-членов, а именно от Австрии, Германии, Финляндии и Японии, а также от Всемирной метеорологической организации (ВМО). Информация, представленная Японией, включая изображения и диаграммы, касающиеся проблемы космического мусора, будет распространена в качестве документа зала заседаний на пятьдесят третьей сессии Подкомитета.

## **II. Ответы, полученные от государств-членов**

### **Австрия**

[Подлинный текст на английском языке]  
[19 октября 2015 года]

#### **Национальные исследования по проблеме космического мусора**

С 1982 года Институт космических исследований Австрийской академии наук использует станцию спутниковой лазерной дальнометрии (СЛД) на базе Лустбюэльской обсерватории в Граце. Эта станция круглосуточно и ежедневно измеряет расстояния до более чем 60 спутников, оборудованных ретрорефлекторами, включая геодезические спутники, спутники глобальных навигационных спутниковых систем (таких как "Галилео", GPS, Глонасс, "Компас"), спутники наблюдения Земли и различные научно-исследовательские спутники. Расположенная в Граце станция СЛД до сих пор считается одной из наиболее точных в мире.

В 2012 году лазерная станция в Граце начала опробовать использование лазерной дальнометрии 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, в целях определения расстояния до этих объектов. Хотя точность этих измерений выходит за миллиметровый диапазон (учитывая, что размеры

отдельных фрагментов мусора составляют от одного до нескольких метров), такой подход позволяет значительно точнее определять орбиту.

Точность определения орбит можно было бы еще более повысить, если бы другие станции СЛД могли детектировать диффузно отраженные грацие фотоны. Такой эксперимент впервые был успешно проведен в 2012 году; фотоны, излученные в Граце, были диффузно отражены корпусами спутников и детектированы станцией СЛД в Циммервальде, Швейцария, которая с этой целью была синхронизирована со станцией в Граце. Этот метод без каких-либо затруднений мог бы быть распространен на несколько других работающих только на прием станций.

С 2013 года лазерная станция в Граце участвует в осуществляемой Европейским космическим агентством (ЕКА) программе обеспечения осведомленности об обстановке в космосе. В ближайшие годы планируется расширить масштабы сотрудничества на европейском и международном уровнях. С 2014 года станция участвует также в создании оперативной европейской сети программы обеспечения осведомленности об обстановке в космосе.

### **Космическое право**

В 2015 году вступило в силу постановление Федерального министерства транспорта, инноваций и технологий о применении федерального закона о порядке разрешения космической деятельности и об учреждении национального космического регистра. В целях предупреждения образования космического мусора операторы должны, согласно статье 5 этого закона, выполнять определенные требования. Предусмотрено утверждение доклада о мерах по предупреждению образования космического мусора в ходе эксплуатации космического объекта на орбите и по предупреждению разрушения космического объекта на орбите, которые учитывают международно признанные руководящие принципы предупреждения засорения космоса (например, пребывание на орбите не более 25 лет). В докладе должны быть изложены принимаемые в рамках космической деятельности меры по недопущению столкновения с другими космическими объектами. Кроме того, требуется соответствующая документация, подтверждающая отсутствие на космическом объекте опасных или вредных веществ, способных привести к загрязнению пространства или пагубным изменениям в окружающей среде.

### **Финляндия**

[Подлинный текст на английском языке]  
[27 октября 2015 года]

Исследования по проблеме космического мусора проводят:

- a) Финский институт геопространственных исследований Национальной земельной службы;
- b) Университет Оулу, использующий радиолокаторы Научной ассоциации Европейской системы исследований некогерентного рассеяния.

В настоящее время Финляндия готовится к запуску своего первого спутника Aalto-1, который создается на платформе CubeSat и весит 3 килограмма. Спутник оборудован тормозным устройством, действующим по принципу электрического паруса (см. [www.electric-sailing.fi](http://www.electric-sailing.fi)), что позволит свести спутник с орбиты гораздо быстрее, чем при отсутствии тормоза.

## Германия

[Подлинный текст на английском языке]  
[19 октября 2015 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 Германским аэрокосмическим центром (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 уменьшении опасности для нынешних и будущих космических полетов и угрозы жизни людей. К мерам, которые необходимо принять для достижения этих целей, относятся, в частности, проведение официальной оценки мероприятий по предупреждению образования космического мусора; внедрение особых проектных решений по недопущению отделения связанных с полетами объектов и по предупреждению разрушений, неисправностей и столкновений на орбите; и принятие мер, связанных с пассивацией, уводом с орбиты по окончании эксплуатации и безопасным возвращением в атмосферу Земли.

Для формирования национального потенциала в области наблюдения за космосом страна должна быть способна получать и использовать данные измерительной аппаратуры, например, для составления каталога космических объектов или определения параметров орбит. Такой каталог объектов является основой для операций по обеспечению осведомленности об обстановке в космосе. Для создания такого комплексного потенциала требуется

координированная программа работы, охватывающая множество различных аспектов. Первым пунктом такой программы, которая была разработана Космическим управлением ДЛР, стал ввод в эксплуатацию в 2015 году Германского экспериментального радара для космических наблюдений и сопровождения (GESTRA). Этот радар, доработкой которого занимается Институт физики высоких частот и радиолокационных методов им. Фраунгофера, является экспериментальной системой для определения орбитальных параметров в области низких околоземных орбит (НОО); ожидается, что испытания начнутся в конце 2017 года.

В настоящее время Институт космических систем (ИКС) Брауншвейгского технического университета разрабатывает программное обеспечение для моделирования данных приборных измерений. На основе смоделированных данных реализуются такие основные функции, как соотнесение объектов, определение орбит и составление базы данных по объектам. В настоящее время изучаются дополнительные методы определения и дальнейшего расчета орбиты, чтобы обеспечить возможность использования оперативных и точных методов для всей последовательности процессов в системе моделирования космических наблюдений.

Германский центр космических операций (ГЦКО), являющийся подразделением ДЛР, в тесном сотрудничестве с Астрономическим институтом Бернского университета, Швейцария, работает над созданием сети оптических станций. Она предназначена для непрерывного мониторинга областей геостационарной и связанной с ней орбит для поддержки предупреждения столкновений и научных исследований, при этом телеуправление роботизированными телескопами сети осуществляет ГЦКО в рамках ДЛР. Полученные данные позволят проследить и прогнозировать орбиту геостационарных объектов размером более 50 см. Для первой станции с телескопом, которая будет создана в начале 2016 года, была выбрана Сазерлендская обсерватория в Южной Африке. Несколько пробных кампаний прошли успешно, при этом стало возможным детектировать объекты менее 18-й звездной величины. В рамках ДЛР Институт технологии моделирования и программирования и Департамент космических операций и подготовки астронавтов осуществляют совместный проект по созданию базы орбитальных данных по объектам на околоземных орбитах. Предусмотрены следующие основные темы исследований: идентификация объектов с помощью различных инструментальных наблюдений, определение и дальнейший расчет орбит, включая вектор состояния и неопределенность состояния. Первые данные наблюдений, полученные с помощью сети оптических телескопов, будут обработаны с использованием этой базы данных.

В Брауншвейгском техническом университете продолжается работа по анализу эволюции засоренности космического пространства в долгосрочной перспективе. Один из завершенных проектов предусматривал включение методов прогнозирования орбит в блоки обработки графических данных с целью существенного сокращения времени вычисления. Кроме того, проводится более подробное моделирование эволюции среды с целью изучить последствия принятия мер по предупреждению образования и активному удалению мусора с уделением особого внимания связанным с этими мерами расходам. Анализируются также сценарии эволюции среды в области средних

околоземных орбит и в области геостационарной орбиты. В рамках новых мероприятий используются уже достигнутые результаты для сокращения времени моделирования долгосрочных сценариев, прояснения существующих в них неопределенностей (частично в рамках деятельности МККМ), анализа последствий нынешних тенденций в области осуществления космических полетов (например, увеличения числа спутников CubeSats) и проведения более подробного анализа расходов.

Материалы, размещенные на поверхности космических аппаратов, подвергаются жесткому воздействию космической среды, что ведет к ухудшению их характеристик. Основную опасность представляют излучение заряженных частиц, ультрафиолетовая радиация, атомарный кислород на НОО, экстремальные температуры, циклическое изменение температуры, а также соударения с микрометеоритами и фрагментами космического мусора. Степень влияния отдельных угроз зависит от характера и продолжительности запланированной миссии, солнечных циклов, событий на Солнце и целевой орбиты космического аппарата; при деградации поверхности разрушаются краска, которая нанесена на верхние ступени, и фольга многослойной изоляции, которая используется почти на всех космических аппаратах для поддержания эксплуатационной температуры. Имитация процесса деградации и обусловленного им отслоения и образования частиц размером менее 1 мм производится на основе параметров построения эмпирической модели.

Еще одной областью исследований в ИКС является активное удаление космического мусора. Рассматриваются различные подходы и технологии, например использование роботизированных манипуляторов, тросов или сетей, и анализируются преимущества и недостатки этих подходов. В прошлом году на основе этой работы компания Airbus Defense and Space GmbH Bremen и ИКС приступили к осуществлению совместного проекта по исследованию технологии удаления крупных фрагментов космического мусора с помощью тросовой системы, который предусматривает разработку алгоритмов и законов управления в целях стабилизации и свода с орбиты космической тросовой системы, которая состоит из космического аппарата-перехватчика, троса и пассивной мишени. ИКС определял влияние возмущений орбиты на космические тросовые системы с помощью созданной им компьютерной программы TOPID (Определитель влияния возмущений орбиты на тросовые системы).

В настоящее время несколько немецких компаний и исследовательских организаций участвуют в проводимых ЕКА исследованиях по теме возвращения космического мусора в атмосферу. В рамках проекта "Определение характеристик разрушающихся материалов" изучаются поведение и процесс разрушения материалов при возвращении в атмосферу с целью уменьшить неопределенности средств имитационного моделирования, которые в настоящее время используются для оценки риска, связанного с входом объектов в атмосферу. Для этого используются, в частности, аэродинамические трубы ДЛР в Кельне, имитирующие высокоэнтальпийный воздушный поток. Целью проекта "Быстрая оценка влияния конструкции на образование космического мусора" является разработка инструмента анализа процесса возвращения в атмосферу нового поколения, который можно было бы использовать в рамках комплексного подхода к проектированию с

применением автоматизированной оптимизации конструкции. В рамках исследования конструкций, поддающихся разрушению, особое внимание уделяется новаторским инженерным решениям для создания компонентов космических аппаратов таким образом, чтобы при возвращении в атмосферу обеспечивалось их максимальное разрушение и, следовательно, уменьшение риска на поверхности Земли.

Новое программное средство "Анализатор кувыркания на орбите" будет выполнять функции долговременного пропагатора с шестью степенями свободы и поддерживать будущие миссии по активному удалению космического мусора, обеспечивая надежное прогнозирование скорости кувыркания намеченных объектов.

## **Япония**

[Подлинный текст на английском языке]  
[23 октября 2015 года]

### **1. Общий обзор**

По просьбе Управления по вопросам космического пространства Секретариата Япония представляет следующую информацию о своей деятельности по тематике космического мусора, которую в основном осуществляет Японское агентство аэрокосмических исследований (ДЖАКСА).

Информация о стратегическом плане ДЖАКСА в отношении космического мусора была включена в записку Секретариата о национальных исследованиях, касающихся космического мусора, безопасного использования космических объектов с ядерными источниками энергии на борту и проблем их столкновений с космическим мусором (A/АС.105/С.1/107).

В разделе ниже представлены основные достижения ДЖАКСА в 2015 году в следующих областях деятельности, связанных с проблемой космического мусора:

- a) исследования, касающиеся оценки сближений в космосе и основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе;
- b) исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите (НОО) и геосинхронной орбите (ГСО) и определения орбит таких объектов;
- c) разработка системы непосредственного измерения микрофрагментов мусора;
- d) защита от соударений с микрофрагментами мусора;
- e) разработка топливного бака, который легко разрушается при возвращении в атмосферу;
- f) активное удаление мусора.

## **2. Положение дел**

### **2.1. Исследования, касающиеся оценки сближений в космосе и основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе**

ДЖАКСА регулярно получает уведомления о сближении от Объединенного центра космических операций. Так, в сентябре 2015 года было получено 64 уведомления, что превысило установленный пороговый показатель количества сближений. В период с 2009 года по сентябрь 2015 года ДЖАКСА выполнило 15 маневров уклонения для космических аппаратов на НОО.

Кроме того, ДЖАКСА определяет орбиты космических объектов на основе данных радиолокационных и оптических наблюдений, получаемых от центров наблюдения за космосом в Камисаибаре и Бисее в рамках Японского космического форума, прогнозирует опасные сближения на основе последних эфемерид орбит спутников ДЖАКСА и, пользуясь собственными методами, вычисляет вероятность столкновения.

Опираясь на свой опыт, ДЖАКСА оценивает также критерии в отношении оценки сближений и маневров уклонения от столкновений. В ходе этих оценок анализируются тенденции изменения условий сближения и ошибки в прогнозах, которые обусловлены возмущениями (например, неопределенностью сопротивления воздуха).

ДЖАКСА успешно идентифицирует источники происхождения осколочного мусора на ГСО, используя упрощенную модель фрагментации и данные оптических наблюдений, получаемые Бисейским центром наблюдения за космосом в рамках совместного исследования с Университетом Кюсю.

### **2.2. Исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите и геосинхронной орбите и определения орбит таких объектов**

Наблюдение объектов на НОО, как правило, осуществляется радиолокационными средствами, вместо которых ДЖАКСА старается использовать оптические системы, чтобы уменьшить расходы на создание и эксплуатацию. Для охвата крупных зон небесного свода используются сети оптических приборов слежения. Результаты наблюдения с помощью 18-сантиметрового телескопа и камеры с прибором с зарядовой связью (ПЗС) свидетельствуют о том, что на высоте 1 000 км можно обнаруживать объекты размером 30 см или более, 15 процентов от численности которых пока не внесены в каталог. Что касается наблюдения ГСО, то использование платы с программируемой логической матрицей, способной за 40 секунд анализировать 32 кадра с разрешением до 4 096 x 4 096 пикселей (принято обозначать как 4К x 4К), подтверждает возможность обнаружения объектов диаметром 14 см на основе анализа ПЗС-снимков, получаемых однометровым телескопом в Бисейском центре наблюдения за космосом. Если учитывать, что в настоящее время считается возможным обнаружение на ГСО объектов размером менее 1 метра, то можно говорить о том, что данный результат свидетельствует об эффективности этого метода для обнаружения небольших фрагментов, образованных в результате разрушений в области ГСО.



### **2.3. Разработка системы непосредственного измерения микрофрагментов мусора**

В настоящее время ДЖАКСА разрабатывает бортовой детектор для непосредственного измерения микрофрагментов космического мусора (диаметром менее 1 мм), которые невозможно обнаружить с Земли. Принцип работы датчика в этом детекторе, который называется индикатором частиц космического мусора, впервые основан на использовании проводящих (резистивных) полосок.

Если такие датчики установить на многих космических аппаратах, то полученные данные могли бы способствовать уточнению модели среды космического мусора. Первый такой индикатор частиц космического мусора с помощью ракеты-носителя Н-П 19 августа 2015 года был выведен в космос на грузовом космическом корабле "Коунотори-5" (HTV-5) и доставлен на Международную космическую станцию для проведения первого эксперимента по измерению микрофрагментов мусора с использованием проводящих (резистивных) полосок для детектирования. В настоящее время ДЖАКСА анализирует полученные данные.

В настоящее время имеется мало сведений о мельчайших фрагментах мусора и микрометеоритах в космическом пространстве, хотя такие знания необходимы для оценки риска столкновений, анализа живучести космического аппарата и проектирования экономически эффективных средств защиты космического аппарата. Будет весьма полезно, если космические агентства всех стран мира станут устанавливать такие детекторы на своих космических аппаратах, обмениваться собранными данными и тем самым способствовать уточнению существующих моделей засоренности космоса фрагментами мусора и метеорными телами.

### **2.4. Защита от соударений с микрофрагментами мусора**

Количество микрофрагментов мусора (диаметром менее 1 мм) на НОО возросло. Столкновение с микрофрагментами космического мусора может опасно повреждать спутники, поскольку скорость соударения составляет в среднем 10 км/с.

Чтобы оценить последствия столкновения спутника с фрагментом космического мусора, ДЖАКСА проводит исследования высокоскоростных соударений и численное моделирование применительно к материалам, используемым в панелях конструкции и выносных экранах. С помощью численного моделирования исследуются также внутренние повреждения панелей конструкции.

Результаты этих исследований отражены в "Руководстве по проектированию защиты от космического мусора" (руководство JERG-2-144-НВ ДЖАКСА). Первый вариант руководства был опубликован в 2009 году, а в 2014 году опубликован пересмотренный вариант.

ДЖАКСА разработало программное средство оценки риска столкновения с космическим мусором под названием Turandot. При анализе рисков столкновения с космическим мусором используется трехмерная модель космического аппарата. В программу Turandot внесены обновления с целью

применения последней модели засоренности космического пространства MASTER-2009 ЕКА.

#### **2.5. Разработка топливного бака, который легко разрушается при возвращении в атмосферу**

Для изготовления топливных баков обычно используются титановые сплавы, которые являются наилучшими с точки зрения небольшого веса и хорошей химической совместимости с используемыми видами топлива. Однако температура их плавления настолько высока, что баки, как правило, не разрушаются при возвращении в атмосферу и могут стать причиной несчастных случаев на земле.

ДЖАКСА провело исследование с целью разработки бака с алюминиевым покрытием и оболочкой из углеродных композитов, у которого будет более низкая температура плавления. В рамках технико-экономического обоснования ДЖАКСА провело основные испытания, в том числе проверку совместимости алюминия в качестве материала для внутреннего покрытия с гидразиновым ракетным топливом, а также испытание электродуговым нагревом. ДЖАКСА создало прототип масштабной модели под названием Trial 1. Топливозаборное устройство было испытано на вибростойкость для подтверждения его устойчивости к воздействию условий пуска. Следующим шагом является пробное создание полномасштабной модели бака и проведение аттестационного испытания. Если бак пройдет это испытание, его стоимость и время на производство будут меньше, чем у предыдущих титановых баков.

#### **2.6. Активное удаление мусора**

ДЖАКСА изучает возможность создания эффективной с точки зрения затрат системы активного удаления мусора, способной сближаться с пассивными объектами на перегруженных орбитах и захватывать их с целью сведения с орбиты. Изучаются ключевые технологии, позволяющие осуществлять активное удаление мусора, такие как сближение с пассивными объектами с использованием приборов обнаружения и захват таких объектов с помощью выдвижных стрел, гарпунов и других средств. Перспективно выглядит электродинамическая тросовая система, поскольку она способна сводить с орбиты мусор, не потребляя топлива, и ее легко крепить к фрагментам мусора. Демонстрацию в полете электродинамических тросов, производство и испытание компонентов которых осуществляется в 2015 году, планируется провести с помощью ракеты-носителя Н-П и грузового корабля "Коунотори-6" (НТВ-6).

### **III. Ответы, полученные от международных организаций**

#### **Всемирная метеорологическая организация**

[Подлинный текст на английском языке]

[10 августа 2015 года]

ВМО полагается на использование космических систем во многих важнейших областях деятельности, прежде всего для наблюдения параметров атмосферы и других параметров окружающей среды в целях прогнозирования погоды, мониторинга климата, уменьшения опасности бедствий и решения других задач, а также для целей связи и спутниковой навигации.

Поэтому важное значение имеет безопасность и устойчивость использования космических систем. В этой связи ВМО высоко ценит усилия Управления по вопросам космического пространства, направленные на развитие сотрудничества и достижение прогресса в деле уменьшения опасности, связанной с космическим мусором. ВМО обратит на этот вопрос внимание Группы экспертов по спутниковым системам Комиссии по основным системам.