



**Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях**
Научно-технический подкомитет
Шестьдесят первая сессия
Вена, 29 января — 9 февраля 2024 года
Пункт 6 предварительной повестки дня*
Космический мусор

**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. На своей шестидесятой сессии Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях постановил, 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 объектов с космическим мусором, а также мерам, принимаемым для осуществления на практике руководящих принципов предупреждения образования космического мусора (A/AC.105/1279, пункт 99). В этой связи государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя, была направлена нота от 16 августа 2023 года с предложением представить сообщения до 20 октября 2023 года, с тем чтобы полученная информация могла быть представлена Подкомитету на его шестьдесят первой сессии.
2. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от семи государств-членов, а именно от Алжира, Австрии, Германии, Японии, Мьянмы, Словакии и Объединенных Арабских Эмиратов. Поступившая от Японии дополнительная информация, в том числе диаграммы, касающиеся проблемы космического мусора, будет представлена в качестве документа зала заседаний на шестьдесят первой сессии Подкомитета.

* A/AC.105/C.1/L.412.



II. Ответы, полученные от государств-членов

Алжир

[Подлинный текст на французском языке]
[18 октября 2023 года]

Алжир, придающий особое значение этим вопросам, приветствует проводимую Управлением по вопросам космического пространства работу по развитию международного сотрудничества и содействию прогрессу в этой области и вновь заявляет о поддержке усилий международного сообщества, направленных на предупреждение образования космического мусора и обеспечение защиты орбитальной и суборбитальной среды.

Что касается безопасности космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, то Алжир активно участвует в работе Комитета по использованию космического пространства в мирных целях и двух его вспомогательных органов и поддерживает цели пятилетнего плана, разработанного Рабочей группой по использованию ядерных источников энергии в космическом пространстве и одобренного на шестьдесят шестой сессии Комитета.

Наша страна считает, что государства должны уделять больше внимания возможным последствиям использования таких источников энергии в космическом пространстве, которые в любом случае отрицательно скажутся на долгосрочной устойчивости космической деятельности и сохранении космического пространства для будущих поколений как общего наследия человечества.

В этой связи Алжир напоминает о положениях статьи IV Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, в которой говорится, что государства — участники Договора обязуются не выводить на орбиту вокруг Земли любые объекты с ядерным оружием или любыми другими видами оружия массового уничтожения, не устанавливать такое оружие на небесных телах и не размещать такое оружие в космическом пространстве каким-либо иным образом.

Австрия

[Подлинный текст на английском языке]
[18 октября 2023 года]

Помимо регулярно проводимой дальнометрии действующих спутников, оснащенных уголковыми ретроотражателями, станция спутниковой лазерной дальнометрии Института космических исследований Австрийской академии наук в настоящее время участвует в нескольких мероприятиях, имеющих отношение к безопасности в космосе. Проектирование и сборка дублирующих ретроотражателей для установки на будущих спутниках будет играть важнейшую роль для определения пространственного положения и будущих миссий по удалению космического мусора. Институт космических исследований разрабатывает инструмент для моделирования неисключенных погрешностей спутниковой лазерной дальнометрии при изменяющейся орбите, беспорядочном движении или конфигурировании уголковых ретроотражателей. Определение беспорядочного и углового движения также выполняется путем анализа кривых блеска при однофотонном детектировании света, которые отображают солнечный свет, отраженный от спутников или объектов космического мусора. Была создана большая база данных, содержащая характеристики и измерения более 20 различных объектов космического мусора. Кроме того, опробуется сочетание различных методов (например, анализ кривых блеска, спутниковая лазерная дальнометрия, лазерная локация космического мусора, получение радиолокационных изображений), что описывается термином «комплексирование данных».

В настоящее время Институт занимается модернизацией станции спутниковой лазерной дальнометрии на Тейде (остров Тенерифе) в целях обеспечения возможности лазерного измерения дальности фрагментов космического мусора. Ведутся разработка, сборка и испытания телескопа с расширителем лазерного пучка для наблюдения за космическим мусором на основе новых конструктивных принципов. Новая станция будет работать в построенном по уникальному проекту здании — отдельном куполе, предназначенном исключительно для размещения оптического оборудования для расширения лазерного пучка, используемого для наблюдений за космическим мусором. Установка будет постоянно работать в бистатическом режиме совместно с приемным телескопом исходной станции спутниковой лазерной дальнометрии. Дополнительная информация о станции спутниковой лазерной дальнометрии размещена по адресу: www.oeaw.ac.at/en/iwf/research/research-groups/satellite-laser-ranging.

Германия

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2023 года]

В Германии научно-исследовательская деятельность по вопросам, связанным с космическим мусором, проводится во всех соответствующих областях. Она включает моделирование засоренности космического пространства, наблюдение за космическим мусором, разработку технологий для наблюдений, изучение последствий высокоскоростных соударений для космических аппаратов, защиту космических систем от соударений с микрометеоритами и космическим мусором, а также разработку технологий для прекращения существования космических аппаратов. Немецкие эксперты принимают активное участие в профильных международных форумах, посвященных исследованиям в области космического мусора и безопасности в космосе, в частности в работе Межагентского координационного комитета по космическому мусору и Международной академии астронавтики, в деятельности по разработке международных стандартов в области космического мусора и в работе, связанной с различными аспектами координации космического движения. Промышленность и научное сообщество Германии также участвуют в разработке технологий в целях содействия долгосрочному устойчивому использованию космического пространства и защите Земли.

Продолжается диалог с немецкими университетами, касающийся инициативы по созданию малых спутников, а также с другими национальными и европейскими заинтересованными сторонами (о чем сообщалось в прошлогоднем материале). Цель диалога состоит в поддержании высокого уровня устойчивости быстро развивающейся космической деятельности в университетах и средних предприятиях и содействии обмену знаниями и передовой практикой. Германское космическое агентство оказывает поддержку текущим проектам, организует онлайн-семинары экспертов по тематике предупреждения засорения космоса и принимает участие в конференциях.

Измерения

Для обеспечения способности страны осуществлять наблюдение за космосом необходимо развивать потенциал в области получения и использования данных измерительной аппаратуры, которые, например, позволят вести каталог космических объектов и определять параметры орбит. Такой каталог объектов является основой для операций по обеспечению осведомленности об обстановке в космосе. Соответственно, Германское космическое агентство в рамках национальной космической программы при финансовой поддержке Федерального министерства экономики и защиты климата Германии инициировало разработку Германского экспериментального радара для космических наблюдений и сопровождения (GESTRA). Разработкой системы занимался Институт физики высоких частот и радиолокационной техники Общества Фраунгофера. Эта

экспериментальная система предназначена для наблюдения и определения орбитальных параметров объектов, находящихся на низких околоземных орбитах. В настоящее время система используется для проведения дальнейших мероприятий по испытаниям и проверке. Управление системой может осуществляться полностью дистанционно из Германского центра ситуационной оценки обстановки в космосе (ГЦСООК). GESTRA будет также служить экспериментальной платформой для радиолокации в бистатическом и мультистатическом режимах и предоставлять данные исследовательским институтам в Германии для проведения дальнейших исследований в этой области.

Для хранения результатов измерений, полученных консорциумом Европейского союза по контролю космического пространства и сопровождению (ККП ЕС), и обмена ими была разработана центральная база данных, поддержанием и обеспечением функционирования которой с 2019 года занимается ГЦСООК и которая служит для ККП ЕС основной платформой для обмена данными. В качестве второго шага на основе этой базы данных ведется разработка европейского исходного каталога.

Было определено множество вариантов для повышения эффективности измерений космического мусора наземными радиоэлектронными средствами кругового обзора. Одним из перспективных вариантов является использование для наблюдения нескольких радиолокаторов, расположенных в разных местах и работающих в бистатической и мультистатической конфигурациях. Ожидается, что такая сеть радиолокационных средств позволит не только увеличить размеры зоны обзора, но и повысить точность измерений отдельных объектов. В настоящее время два института Общества Фраунгофера проводят совместное исследование по дальнейшему анализу таких режимов работы. Была разработана концепция моделирования, позволяющая моделировать различные конфигурации мультистатических радиолокационных систем кругового обзора. Ведется разработка первого радиолокационного приемника для такой сети радиолокационных систем.

В 2017 году начала функционировать международная сеть оптических телескопов SMARTnet (Сеть роботизированных малосветосильных телескопов), которая в настоящее время состоит из шести станций, располагающих в общей сложности 12 телескопами. Эти станции расположены в Швейцарии, Испании, Словении, Южной Африке и Австралии; Германский аэрокосмический центр (ДЛР) управляет станциями, расположенными в Южной Африке и Австралии. Третью станцию ДЛР планируется развернуть в Чили в январе 2024 года. ДЛР организует работу сети, к которой обеспечивается открытый доступ, в тесном сотрудничестве с Астрономическим институтом Бернского университета (Швейцария). В сети используются телескопы с апертурой от 20 до 80 см для наблюдений за геостационарной зоной и относящимися к ней орбитами в целях содействия исследованиям по теме предотвращения столкновений и по другим научным темам, получая данные по объектам размером более 30 см, находящимся на геосинхронных орбитах.

ДЛР также реализует проект по разработке информационной системы, центральное место в котором занимает создание базового каталога, основанного на реляционной модели данных по космическому мусору, — базы орбитальных данных по объектам на околоземных орбитах. В настоящее время полноценно действуют такие основные функции, как соотнесение объектов с использованием данных наблюдений, полученных с разных средств обнаружения (радиолокационных, оптической и спутниковой лазерной дальнометрии), то есть исходных данных, которые обрабатываются системой, а также определение и дальнейший расчет орбит. Для обнаружения новых находящихся в космосе объектов применяется алгоритм кластеризации графов. Различные входные данные могут объединяться и комбинироваться по объектам для более качественного определения параметров орбиты. Кроме того, в настоящее время ведется разработка алгоритма полной проверки для обнаружения опасного сближения объектов. Все алгоритмы программируются таким образом, чтобы в реальном режиме

времени могли обрабатываться данные наблюдения до 100 000 объектов. В настоящее время ведутся исследования по таким направлениям, как обнаружение маневров и осуществление оптимального планирования на основе базы данных, с тем чтобы средства наблюдения и обнаружения выдавали данные по всем объектам с установленной степенью точности.

В 2023 году начал функционировать установленный ДЛР на юге Германии в обсерватории им. Иоганна Кеплера большой телескоп Ричи-Кретьена диаметром 1,75 м для наблюдения за малыми объектами космического мусора размером в несколько сантиметров и их анализа. Телескоп имеет четыре фокуса Нэсмита и фокус Куде. Кроме того, он может использоваться в качестве лазерного передатчика или приемника фотонов при лазерной дальнометрии в бистатическом режиме, применяя упакованные в контейнер переносные лазерные передатчики. В целом этот телескоп служит научно-исследовательской платформой для разработки новых и инновационных лазерных оптических технологий, которые будут применяться для обеспечения космической безопасности на всех околоземных орбитах, включая высотный диапазон очень низких околоземных орбит. Помимо внедрения активных лазерных оптических технологий будет проводиться пассивный оптический спектральный анализ орбитальных объектов. Обсерватория будет использоваться для проведения динамических измерений кривых блеска объектов космического мусора с высоким разрешением, в основном в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра, в целях оценки состояния вращения и его изменений в рамках мероприятий по подготовке предстоящих роботизированных миссий по удалению обломков и снижению связанных с ними рисков. Кроме того, совместно со Штутгартским университетом на базе совместного исследовательского центра Германского научно-исследовательского фонда (ДФГ) в обсерватории будут проводиться фундаментальные исследования по изучению очень низких околоземных орбит. В рамках этих исследований ДЛР будет разработан новый метод лазерной дальнометрии для определения дальности и положения объектов на очень низкой околоземной орбите.

В ДЛР была разработана сверхкомпактная, автоматически управляемая система спутниковой лазерной дальнометрии (мини-СЛД). Она обеспечивает точность данных о местоположении на низкой и средней околоземных орбитах спутников, оснащенных ретроотражателями, до нескольких сантиметров. Такие данные применяются во множестве областей, связанных с геодезией, наблюдением Земли, эксплуатацией спутников и отслеживанием отработавших спутников. Была разработана конструкция соответствующего орбитального компонента — атермического керамического ретроотражателя, который может использоваться операторами спутников для отслеживания при помощи лазеров. Кроме того, использование новых пассивных поляриметрических различных ретроотражателей позволяет маркировать спутники, что полезно, например, в случае групповых запусков малых спутников и в составе спутниковых группировок. Лазерная оптическая наземная станция с мини-СЛД настраивается в качестве специального лазерного передатчика применительно к компонентам поляриметрического ретроотражателя на космическом аппарате. ДЛР занимается подготовкой презентаций технологии маркирования спутников с помощью лазерных дальномеров, которая будет применяться в предстоящих миссиях с использованием спутников CubeSat. В целом уголкового ретроотражатели как настраиваемые орбитальные компоненты технологии для наземных станций с мини-СЛД позволят перенести лазерные дальнометры и аппаратуру для точного определения параметров орбит на негеодезические спутники и будут способствовать рациональному использованию плотно загруженных орбит.

Моделирование и оценка орбитальных и наземных рисков

Брауншвейгский технический университет реализует новый проект, основная цель которого состоит в том, чтобы усовершенствовать и обновить существующие модели, описывающие образование космического мусора с учетом

новых полученных данных. В рамках проекта особое внимание уделяется уточнению и совершенствованию модели, объясняющей процесс фрагментации, который включает как взрывы, так и столкновения в космическом пространстве. Эти события вызывают крайнюю обеспокоенность, поскольку они могут иметь серьезные последствия для безопасного функционирования как спутников, так и пилотируемых аппаратов, особенно на низкой околоземной орбите. Точное моделирование количества, размеров и пространственно-временной эволюции частиц мусора, образующихся в результате фрагментации, имеет большое значение для оценки риска столкновений. Сфера охвата этой оценки включает все объекты, находящиеся на орбите, а не только действующие спутники. Таким образом, она играет важнейшую роль в обеспечении общей безопасности и долгосрочной стабильности орбитальной среды Земли.

Дальнейшие исследования сосредоточены на разработке, определении характеристик и обобщении различных показателей критичности. Эти показатели необходимы для оценки засоренности космического пространства. Конечной целью является разработка показателя, позволяющего оценивать влияние отдельных объектов на среду в целом, выделять проблемные участки и отслеживать общее состояние среды. Кроме того, постоянно совершенствуются инструменты, используемые для моделирования возможных будущих сценариев засоренности космического пространства. Эти обновления включают новые методы моделирования и базы данных, причем особое внимание уделяется решению уникальных задач, возникающих при создании крупных группировок.

В Германии продолжается разработка передовых численных методов для моделирования событий, связанных с разрушением космических систем в крупных масштабах. Недавние исследования, проведенные в Фраунхоферском институте высокоскоростной динамики (Институт им. Эрнста Маха), показали возможность воспроизведения эффектов фрагментации в результате высокоскоростных соударений для различных материалов на основе дискретно-элементного методологического подхода. Возможность плавной регистрации перехода материала из твердого состояния в состояние фрагментации имеет ключевое значение для изучения сложных случаев образования космического мусора в результате соударений. В частности, речь идет о разрушении спутников и разгонных блоков в результате взрывов или столкновений, которые не могут быть изучены в ходе наземных испытаний. Хотя высокоскоростная фрагментация определяет процесс разрушения, для полной характеристики крупномасштабных разрушений необходимо также реалистичное моделирование деформаций и последствий изменения таких свойств материалов, как текучесть и пластичность. Это и является задачей нового проекта, призванного увязать разработанный дискретно-элементный код с методами, хорошо подходящими для моделирования поведения непрерывных материалов. Общая цель заключается в том, чтобы создать эффективный инструмент для моделирования катастрофического разрушения спутников и изучить последствия для орбитальной среды.

Германский центр космических операций (ГЦКО) продолжает развивать, сопровождать и эксплуатировать систему программного обеспечения, разработанную ГЦКО в 2009 году. Используемая ГЦКО система предупреждения столкновений (COLA) помимо оценки сближений обеспечивает также планирование маневров уклонения и создание информационных продуктов по этой теме. ГЦКО оказывает содействие другим организациям в оценке сближений и предупреждении столкновений. Он делится данными по спутниковым эфемеридам с поставщиками услуг по оценке сближений, такими как ККП ЕС, Ассоциация космических данных и 18-я эскадрилья противокосмической обороны Космических сил Соединенных Штатов, и активно контактирует с другими операторами спутников для согласования, при необходимости, мер по предупреждению столкновений. Кроме того, ГЦКО разрабатывает систему программного обеспечения Ascent Safety (ASSET). Данное программное обеспечение предназначено для оценки безопасности траекторий запуска и орбит выведения полезной нагрузки при запусках наземного, морского и воздушного базирования. Для

этого оцениваются предполетные траектории и связанные с ними факторы неопределенности на протяжении всех пусковых окон, рассчитываются индивидуальные и накопленные риски столкновения с находящимися в космосе объектами. Получаемая в итоге оценка изменения критичности столкновений в периоды возможного пуска используется в качестве подспорья при принятии решений на пусковом сегменте.

Концепции полетов и соответствующие технологии для повышения устойчивости на околоземной орбите

ДЛР инициировал проект по оказанию содействия обеспечению орбитальной устойчивости (проект ION) в целях объединения компетенций из таких сфер, как космонавтика, безопасность и аэронавтика, в частности в области эксплуатации спутников, робототехника и автоматизация, наблюдения за частицами космического мусора и их измерение, космическая погода, техническое обслуживание авиационной техники и ремонт в аэрокосмическом секторе.

Далее будет проведен анализ соответствующих технологий, в рамках которого будут рассмотрены концепции и технологии повышения устойчивости на околоземной орбите на протяжении всего жизненного цикла спутников и орбитальной инфраструктуры. Эти работы в настоящее время финансируются Германским космическим агентством. Разработка новых концепций спутников, технологических процессов и сценариев их эксплуатации призвана проложить путь от нынешних «одноразовых спутников» к более производительной и устойчивой инфраструктуре на околоземной орбите, которая также может стать плацдармом для полетов к соседним планетам. Эти технологии служат для решения таких прикладных задач, как:

- a) удаление космического мусора, продление срока службы, инспектирование (в краткосрочной перспективе);
- b) ремонт, модернизация полезной нагрузки, сборка на месте (в среднесрочной перспективе);
- c) производство, переработка, создание орбитальных хранилищ (в долгосрочной перспективе).

Автоматизация и робототехника являются ключевыми технологиями для повышения автономности космических аппаратов, в том числе с помощью процессов искусственного интеллекта, а также для обеспечения возможности получения или предоставления роботизированных услуг на орбите, таких как техническое обслуживание, производство или реконфигурация.

Одной из основных целей этих технологий является подготовка необходимых функциональных возможностей для заданного сценария полета. Сценарий этого полета, по сути, включает задачу приближения и захвата пассивного спутника.

Другой важной целью является повышение взаимосвязи между технологиями обнаружения, отслеживания и оценки космического мусора на поверхности Земли, а также приближения и захвата пассивного объекта. Новые разработки в области обнаружения и анализа космического мусора приведут к появлению новых методов, позволяющих получать информацию о скорости и направлении вращения пассивного объекта для оказания помощи системам наведения, навигации и управления и робототехническим системам в эффективном захвате целевого объекта на орбите.

Япония

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2023 года]

Общий обзор

В ответ на просьбу, полученную от Секретариата, в настоящем сообщении представляется информация о деятельности по тематике космического мусора, в основном осуществляемой Японским агентством аэрокосмических исследований (ДЖАКСА). По состоянию на октябрь 2023 года исследования и разработки, связанные с проблемой космического мусора, осуществляются по следующим направлениям:

- a) активное удаление мусора;
- b) маневры уклонения от фрагментов мусора и исследования, касающиеся технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе;
- c) исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите и геостационарной орбите и определения их орбит;
- d) система непосредственного измерения микрофрагментов мусора;
- e) разработка композитного топливного бака;
- f) наблюдение за космическим мусором с помощью спутниковой лазерной дальнометрии и разработка отражателя общего назначения для спутниковой лазерной дальнометрии.

Положение дел

Активное удаление мусора

ДЖАКСА учредило программу исследований, цель которой заключается в осуществлении малозатратных миссий по активному удалению космического мусора. Исследования и разработка ключевых технологий, предназначенных для активного удаления мусора, ведутся по трем основным направлениям: сближение с пассивными объектами, методы захвата пассивных объектов и методы увода с орбиты неповрежденных крупных объектов. В рамках усилий по передаче этих ключевых технологий ДЖАКСА сотрудничает с японскими частными компаниями в целях обеспечения возможностей для проведения малозатратных миссий по активному удалению космического мусора на коммерческой основе.

Кроме того, ДЖАКСА руководит осуществлением демонстрационного проекта по удалению мусора на коммерческой основе (CRD2). Этот проект состоит из двух этапов и имеет целью осуществление миссий по активному удалению мусора в партнерстве с частными компаниями. В ходе первого этапа в 2023 японском финансовом году планируется провести демонстрацию таких ключевых технологий, как сближение с пассивными объектами и выполнение операций в непосредственной близости, а также обследование второй ступени Н-ПА. В ходе второго этапа, который планируется начать после завершения в Японии 2026 финансового года, будет проведена демонстрация активного удаления мусора второй ступени Н-ПА. По итогам открытого конкурсного отбора, завершившегося в феврале 2020 года, партнером на первом этапе стала компания Astroscale Japan Inc.

Маневры уклонения от фрагментов мусора и исследования, касающиеся технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе

ДЖАКСА регулярно получает уведомления о сближениях от Центра совместных космических операций (ЦСКО). В 2022 году ДЖАКСА выполнило два маневра уклонения своих низкоорбитальных космических аппаратов от фрагментов мусора. ДЖАКСА как активный оператор спутников признает

вызванные космическим мусором растущие риски сближения в условиях постоянно ухудшающегося состояния космической среды.

Основные технологии обеспечения осведомленности об обстановке в космосе

Министерство обороны и ДЖАКСА разработали систему обеспечения осведомленности об обстановке в космосе, которая была полностью введена в эксплуатацию в апреле 2023 года. Система состоит из следующих компонентов:

- а) радиолокационная станция: ДЖАКСА разработало новую радиолокационную станцию для низкой околоземной орбиты, способную обнаруживать объекты размером 10 см на высоте 650 км;
- б) телескопы: ДЖАКСА провело восстановительный ремонт своих телескопов класса 1 м и 50 см, чтобы расширить их возможности по наблюдению за космическим мусором на высотах, в том числе на геостационарной, орбитах;
- в) система анализа: ДЖАКСА внедрило новую систему для анализа данных наблюдений, получаемых с радиолокационной станции и телескопов. Эта система играет важную роль в проведении оценок рисков и составлении планов предотвращения столкновений в случае приближения фрагментов мусора к спутникам ДЖАКСА.

ДЖАКСА также разработало программное средство в поддержку планирования маневров уклонения после получения сообщений от ЦСКО с данными о сближении. С марта 2021 года ДЖАКСА бесплатно предоставляет его всем спутниковым операторам через свой веб-сайт.

Ожидается, что это программное средство упростит процесс маневров уклонения и сделает его менее трудоемким. ДЖАКСА по-прежнему намерено оказывать постоянную поддержку этой инициативе.

Исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите и геостационарной орбите и определения их орбит

Как правило, наблюдение за объектами на низкой околоземной орбите осуществляется с помощью радиолокационных систем, однако ДЖАКСА разрабатывает для этих целей оптическую систему, чтобы снизить расходы на строительные работы и эксплуатацию. Поэтому для наблюдения за низкой околоземной орбитой разработан большой датчик на основе комплементарной структуры «металл-оксид-полупроводник» (КМОП). Применение для анализа данных, поступающих с КМОП-датчика, технологий обработки изображений с использованием графического процессора может содействовать обнаружению на низкой околоземной орбите объектов размером 10 см или меньше. Чтобы расширить возможности для наблюдения объектов на низкой околоземной и геостационарной орбитах, были обустроены два удаленных пункта наблюдений в Австралии. Эти два дополнительных пункта наблюдения наряду с Ньюкасамской обсерваторией в Японии позволяют точно определять орбиты и оценивать высоту объектов на низкой околоземной орбите, используя данные, поступающие с пунктов наблюдений в Австралии.

Система непосредственного измерения микрофрагментов мусора

Для измерения милли- и микроразмерных фрагментов мусора на орбитах используется специальный датчик — индикатор частиц космического мусора. Последний летный эксперимент с ним проводился на борту транспортного корабля Н-II Kounotori-5 (HTV-5). Данные фактических измерений столь мелких фрагментов мусора необходимы для понимания того, насколько велико количество мелкого космического мусора на низких околоземных орбитах, поскольку он становится одним из преобладающих факторов риска на орбите.

Уникальными особенностями индикатора частиц космического мусора являются простая система обнаружения, не требующая специальной калибровки перед запуском, и способность взаимодействовать с другими датчиками.

Индикатор частиц космического мусора состоит из двух основных компонентов: детектора и микросхем. Детектор выполнен из тончайшей полиамидной пленки с сеткой из тысяч электропроводящих линий шириной 50 мкм, способной детектировать сталкивающиеся с ней частицы мусора диаметром от 100 мкм до нескольких миллиметров. Размер соударяемых частиц мусора определяется по количеству линий сетки, разорванных при соударении частиц мусора с пленкой и проникновении в нее.

В настоящее время ДЖАКСА сотрудничает с Управлением программы по орбитальному мусору Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки в разработке нового индикатора частиц космического мусора. В рамках этой инициативы впервые обеспечивается возможность интегрировать индикатор частиц космического мусора с другими датчиками, такими как датчик частиц мусора НАСА, и предполагается определять не только размер частиц мусора, но и их скорость, физические и другие значимые характеристики.

Разработка композитного топливного бака

Для изготовления топливных баков обычно используется титановый сплав, который наиболее пригоден благодаря малому весу и хорошей химической совместимости с компонентами ракетного топлива. Однако его температура плавления столь высока, что топливный бак не сгорает при входе в атмосферу, что представляет опасность для людей на поверхности Земли.

В течение нескольких лет ДЖАКСА занимается разработкой бака с внутренним покрытием из алюминия и оболочкой из углеродных композитов, у которого будет более низкая температура плавления. С целью оценки возможности создания такого бака ДЖАКСА провело основные испытания, в том числе проверку совместимости алюминия в качестве материала для внутреннего покрытия с ракетным топливом на основе гидразина, а также испытание электродуговым нагревом.

После того как была изготовлена и испытана уменьшенная технологическая модель бака (ТМ-1), ДЖАКСА изготовило полноразмерный бак (ТМ-2). Форма бака ТМ-2, в котором имеется топливозаборное устройство, не отличается от формы обычного бака. Бак ТМ-2 прошел испытания на избыточное давление, вибростойкость (во влажных и сухих условиях), внешнюю течь, цикл изменения давления и на действие внутреннего давления, и все они показали положительные результаты. После этого был выполнен критический анализ проекта.

Следует отметить, что композитный топливный бак отличается от титанового бака более коротким сроком поставки и меньшей стоимостью. В настоящее время ведется экспериментальная и аналитическая оценка вероятности прекращения его существования при входе в атмосферу.

Наблюдение за космическим мусором с помощью спутниковой лазерной дальнометрии и разработка отражателя общего назначения для спутниковой лазерной дальнометрии

ДЖАКСА уделяет особое внимание спутниковой лазерной дальнометрии как третьему методу наблюдения за космическим мусором после радиолокационных и оптических наблюдений. В рамках этих усилий в июне 2023 года была введена в эксплуатацию станция спутниковой лазерной дальнометрии в Цукубе.

В последние годы все большее значение приобретает улучшение заметности объектов на орбите. Для удовлетворения этой потребности ДЖАКСА разработало недорогой и компактный отражатель для спутниковой лазерной дальнометрии, названный Mt.FUJI, который можно универсально использовать на низкой околоземной орбите. ДЖАКСА содействует его применению на международном уровне для повышения возможности слежения за объектами на

орбите, внося тем самым вклад в устойчивое использование космического пространства.

Мьянма

[Подлинный текст на английском языке]
[6 октября 2023 года]

Представитель Мьянмы участвовал в этапе заседаний высокого уровня ЮНИСПЕЙС+50, который проводился 20–21 июня 2018 года. Участие Мьянмы в праздновании исторической годовщины первой Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, организованной Управлением по вопросам космического пространства, было отмечено присутствующими государствами, которые выразили ей свои поздравления в этой связи. Мьянма как и прежде будет участвовать в деятельности международного космического сообщества в целях более активного освоения космоса для достижения целей в области устойчивого развития.

Правительство Республики Союз Мьянма, развивающегося государства, завершило разработку спутниковых систем MyanmarSat-1 и MyanmarSat-2, направленных на претворение в жизнь стремления запустить в космос мьянманский национальный спутник и тем самым получить контроль над национальными стратегическими услугами в области телекоммуникации и радиовещания. При эксплуатации спутниковой системы Мьянма будет использовать потенциал космической науки, техники, права и политики на благо регионального и международного сообщества, а также содействовать реализации таких глобальных инициатив, как Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

Поскольку проект создания мьянманского национального спутника MyanmarSat-3 находится на стадии планирования, страна еще не испытывала потребности в решении вопросов космического мусора, ядерных источников энергии и связанных с ними проблем. Хотя Мьянма еще не рассматривала вопрос о проведении исследований по данной тематике, учитывая важность обеспечения безопасной и мирной космической среды, страна будет уделять особое внимание сотрудничеству с международным сообществом и международными организациями в разработке и реализации мер по предупреждению образования космического мусора, занимаясь параллельно созданием собственной спутниковой системы.

Словакия

[Подлинный текст на английском языке]
[19 октября 2023 года]

Использование Словакией оптических приборов для наблюдения за объектами, которые являются потенциальными кандидатами на активное удаление, и для мониторинга условий перед входом объектов в атмосферу

Кафедра астрономии и астрофизики факультета математики, физики и информатики Университета им. Коменского в Братиславе на регулярной основе использует свой ньютоновский телескоп с диаметром зеркала 0,7 м (AGO70) для наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите, которые являются потенциальными кандидатами на активное удаление, включая такие цели, как адаптер Vega ракеты Vega Европейского космического агентства. Кроме того, были проведены широкие кампании по регистрации динамических

характеристик и параметров вращательного движения объектов за месяцы и недели до их вхождения в атмосферу, чтобы более точно предсказать их прекращение существования. Эти усилия поддерживаются словацкой промышленностью, которая предоставляет данные наблюдений, получаемые в рамках собственной сети измерительной аппаратуры.

Применение словацкой сети панорамного наблюдения метеоров для мониторинга случаев вхождения в атмосферу

Факультет математики, физики и информатики Университета им. Коменского занимается моделированием случаев вхождения в атмосферу, используя данные наблюдений своей сети панорамного наблюдения метеоров (AMOS). Сеть AMOS обычно используется для автоматического обнаружения метеоров, расчета их орбит и получения спектров. Факультет математики, физики и информатики разработал и в настоящее время эксплуатирует в различных частях мира в общей сложности 23 камеры (в том числе спектральные камеры) AMOS, из которых 7 расположены в Словацкой Республике, 3 — на Канарских островах (Испания), 4 — в Чили, 3 — на Гавайях (Соединенные Штаты Америки), 6 — в Австралии, а еще 4 недавно установлены в Южной Африке. Сеть AMOS фиксирует вхождение объектов в атмосферу, что позволяет факультету моделировать траектории образующихся фрагментов в атмосфере и проводить их спектральный анализ. В июне 2023 года две камеры сети AMOS одновременно зафиксировали новый случай входа в атмосферу над Словакией при отделении разгонного блока ракеты Long March 4C. Анализ таких случаев приведет к углублению знаний о физических явлениях, возникающих при вхождении в атмосферу, и должен помочь повысить точность прогнозов живучести фрагментов и точность оценок риска для населения Земли. Эти усилия осуществляются при поддержке словацкой промышленности, которая предоставляет необходимое материально-техническое обеспечение, обеспечивает взаимодействие измерительной аппаратуры и оказывает содействие в планировании наблюдений.

Применение фотометрии и спектроскопии для определения характеристик космического мусора

Факультет математики, физики и информатики Университета им. Коменского проводит ряд исследований, посвященных классификации и описанию характеристик объектов космического мусора, чтобы лучше понять происхождение и механизмы образования космического мусора, а также воздействие таких фрагментов мусора на состояние ночного неба и световое загрязнение. Телескоп AGO70 используется для измерения кривых блеска космического мусора и фазовых функций космического мусора. Эти данные используются для определения отражающих свойств объектов, их размера и формы. Факультет исследует применение методов машинного обучения для различения объектов по яркости блеска и для классификации космических объектов по их форме и отражающим свойствам поверхности. Используя различные фотометрические фильтры спектрального типа, факультет исследует свойства отражательной способности поверхности космических объектов в зависимости от длины волны, которая напрямую связана со свойствами материала. Для регистрации зеркальных отражений объектов на низкой околоземной орбите и их спектров используются спектральные камеры AMOS. Полученные спектры дают информацию высокого разрешения о свойствах поверхности в зависимости от длины волны.

Объединенные Арабские Эмираты

[Подлинный текст на английском языке]
[29 сентября 2023 года]

Объединенные Арабские Эмираты признают растущие риски, создаваемые космическим мусором в космическом пространстве, и их последствия для устойчивости и стабильности космической среды и космической деятельности. Действительно, последствия и потенциальная опасность, связанные с космическим мусором, значительно возрастают при его столкновении с космическим объектом, оснащенным ядерным источником энергии.

В этой связи Объединенные Арабские Эмираты признают исключительную важность сохранения космической среды на благо всех стран и будущих поколений. С этой целью Объединенные Арабские Эмираты активно участвуют в прилагаемых на международном уровне совместных усилиях, принимая участие в форумах и диалогах, посвященных решению проблем, связанных с космическим мусором. К таким усилиям относятся выпуск Руководящих принципов предупреждения образования космического мусора в целях применения упреждающего подхода к сокращению масштабов образования космического мусора, отслеживание и мониторинг находящихся на орбите объектов, а также разработка протоколов удаления мусора.

В приведенном ниже списке представлен обзор соответствующей политики, законодательства и практики.

Национальная космическая политика (2016 год)

В Национальной космической политике Объединенных Арабских Эмиратов вопросы космического мусора относятся к деятельности по обеспечению устойчивости, цель которой заключается в том, чтобы обеспечить безопасную и стабильную космическую среду, способствующую устойчивости космической деятельности. Эта работа ведется с использованием возможностей различных платформ и включает активную поддержку как национальных, так и международных инициатив, направленных на повышение эффективности усилий по предупреждению образования космического мусора.

Федеральный закон № 12 2019 года «О регулировании космического сектора»

Закон направлен на регулирование национального космического сектора и связанной с ним деятельности в целях обеспечения развития процветающего и безопасного космического сектора. В статье 1 Закона космический мусор определяется как «космический объект или его часть, не играющий более никакой роли или не имеющий никакого назначения, включая его части или компоненты и образующиеся материалы, отходы или фрагменты, находящиеся в космическом пространстве, в том числе на орбите Земли, или в пределах атмосферы Земли».

Статья 19 Закона обязывает операторов принимать все необходимые меры и планы по предупреждению образования космического мусора и уменьшению его последствий. Кроме того, операторы обязаны незамедлительно уведомлять Космическое агентство Объединенных Арабских Эмиратов (КАОАЭ) в случае образования космического мусора, возникновения повышенной опасности, потери управления или столкновения, а также о мерах или планах, принятых для уменьшения таких рисков. Кроме того, операторы должны представлять КАОАЭ периодические доклады о любых предупреждениях или рисках, связанных с космическими объектами, которые участвуют в любой разрешенной космической деятельности.

Полный текст документа размещен по адресу:
https://space.gov.ac/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceSectorFederalLaw_EN.pdf.

Руководящие принципы предупреждения образования космического мусора (2022 год)

Недавно в Объединенных Арабских Эмиратах были выпущены Руководящие принципы предупреждения образования космического мусора. Основной целью Руководящих принципов является защита окружающей среды и обеспечение устойчивости космической деятельности путем содействия предупреждению образования нового космического мусора.

В соответствии с Руководящими принципами операторы должны представлять план по предупреждению образования космического мусора с учетом международных стандартов и передовой практики, таких как стандарт ИСО 24113:2011 «Системы космические. Требования по снижению космического мусора», Руководящие принципы по предупреждению образования космического мусора Межучрежденческого координационного комитета по космическому мусору и Руководящие принципы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях по предупреждению образования космического мусора.

От операторов также требуется проводить оценки рисков и представлять планы их реализации. Кроме того, операторы обязаны незамедлительно уведомлять КАОАЭ об окончании функционального использования космического объекта, его удалении или возвращении в атмосферу, об аварии или происшествии с космическим объектом, а также о создании космическим объектом космического мусора. Кроме того, в Руководящих принципах содержится набор рекомендаций по мерам предупреждения образования космического мусора, которые могут применяться операторами.

Полный текст документа размещен по адресу: <https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceDebrisMitigationGuidelines-EN.pdf>.

Ядерная энергия

В статье 17 национального закона «О космосе» говорится, что операторы обязаны получать разрешение от КАОАЭ на использование ядерных источников энергии и незамедлительно информировать КАОАЭ о любой аварии или любом происшествии, рисках, с которыми они столкнулись, и любых мерах, принятых для их снижения или уменьшения их последствий.

Отмечается также, что любое использование источника ядерной энергии не будет санкционировано в сотрудничестве с Федеральным управлением по ядерному регулированию.