



**Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях
Научно-технический подкомитет
Шестидесятая сессия
Вена, 6–17 февраля 2023 года
Пункт 7 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 шестьдесят пятой сессии Комитет 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/77/20, п. 102). В этой связи государствам-членам и международным организациям, имеющим статус постоянного наблюдателя, была направлена нота от 19 августа 2022 года с предложением представить сообщения до 28 октября 2022 года, с тем чтобы содержащаяся в них информация могла быть представлена Научно-техническому подкомитету на его шестидесятой сессии.

2. Настоящий документ подготовлен Секретариатом на основе информации, полученной от 10 государств-членов, а именно от Австрии, Алжира, Боливии (Многонациональное Государство), Германии, Индии, Италии, Мексики, Мьянмы, Словакии и Японии. Поступившая от Японии дополнительная информация, в том числе диаграммы, касающиеся проблемы космического мусора, будет представлена в качестве документа зала заседаний на шестидесятой сессии Подкомитета.

* A/AC.105/C.1/L.405.



II. Ответы, полученные от государств-членов

Алжир

[Подлинный текст на французском языке]
[11 октября 2022 года]

Учитывая размеры территории страны, плотность ее населения и растущее число космических объектов, находящихся на орбите над ее территорией, Алжир придает этим проблемным вопросам особое значение.

Однако в стране еще не проводились исследования по проблеме космического мусора и не создан национальный механизм предупреждения образования космического мусора, поскольку Алжир только недавно начал осуществлять космическую деятельность и не располагает большим количеством спутников на орбите.

Алжир 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, который активно участвует в работе Комитета по использованию космического пространства в мирных целях и двух его вспомогательных органов и поддерживает относящиеся к ним принципы, испытывает обеспокоенность по поводу возможных последствий использования таких источников энергии в космосе, 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.

Алжир считает крайне важным, чтобы государства уделяли больше внимания потенциальным последствиям использования ядерных источников энергии, и поддерживает все инициативы по передаче знаний и опыта в этой области, с тем чтобы все государства, желающие использовать ядерные источники энергии в космосе, были способны обеспечить их безопасность.

Австрия

[Подлинный текст на английском языке]
[25 октября 2022 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 космосе¹. Проектирование и сборка дублирующих ретроотражателей для установки на будущих спутниках будет играть важнейшую

¹ Дополнительная информация о станции спутниковой лазерной дальнометрии размещена на сайте <https://www.oeaw.ac.at/en/iwf/institute/infrastructure/slr-station>.

роль для определения пространственного положения и будущих миссий по удалению космического мусора. Институт космических исследований разрабатывает инструмент для моделирования неисключённых погрешностей спутниковой лазерной дальнометрии при изменяющейся орбите, беспорядочном движении или конфигурировании угловых 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». Институт космических исследований также участвует в проектировании, моделировании и разработке комплектов лазерных средств обнаружения для модернизации существующих станций спутниковой лазерной дальнометрии или для создаваемых станций лазерной локации космического мусора.

Боливия (Многонациональное Государство)

[Подлинный текст на испанском языке]
[24 октября 2022 года]

Функции Боливийского космического агентства, изложенные в Верховном указе № 423 от 10 февраля 2010 года, предусматривают предоставление услуг по обеспечению спутниковой связи и анализ спутниковых снимков. Следовательно, Агентство не проводит исследований по темам, указанным Управлением по вопросам космического пространства Секретариата.

Германия

[Подлинный текст на английском языке]
[27 октября 2022 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, защите 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.

Германское космическое агентство, входящее в состав Германского аэрокосмического центра (ДЛР), продолжало повышать эффективность мер по предупреждению образования космического мусора в рамках проектов запуска малых спутников, осуществляемых университетами и исследовательскими институтами при поддержке ДЛР. Благодаря изменениям во внутренних процедурах Германского космического агентства обеспечивается обязательное выполнение установленных ДЛР требований, касающихся предупреждения образования

космического мусора, в рамках исследовательских грантов, выделяемых на запуски космических аппаратов. Кроме того, установлен непрерывный диалог с немецкими университетами, касающийся инициативы по созданию малых спутников. Цель диалога состоит в поддержании высокого уровня устойчивости быстро развивающейся космической деятельности в университетах и содействии обмену знаниями и передовой практикой в университетской среде. Германское космическое агентство оказывает поддержку текущим проектам, организует онлайн-семинары экспертов по тематике предупреждения засорения космоса, а также провело опрос о деятельности, связанной с запусками космических аппаратов, в университетах Германии. Доклад о результатах этого опроса был опубликован в марте 2022 года.

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 2020 году два укрытия для радара были перевезены и подготовлены к эксплуатации на рабочей площадке, где с тех пор проводятся дальнейшие мероприятия по интеграции, 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 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 началась 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.

Для измерений используется также международная сеть оптических телескопов SMARTnet («Сеть роботизированных малосветосильных телескопов»), которая в настоящее время состоит из четырех станций, располагающих в общей сложности девятью телескопами. Эти станции расположены в Швейцарии, Испании, Южной Африке и Австралии; ДЛР управляет станциями,

расположенными в Южной Африке и Австралии. Третью станцию ДЛР планируется развернуть в Южной Америке в 2023 году. ДЛР организует работу сети, к которой обеспечивается открытый доступ, в тесном сотрудничестве с Астрономическим институтом Бернского университета (Швейцария). На станциях установлены несколько телескопов с апертурой от 20 до 80 см. Сеть осуществляет мониторинг геостационарной зоны и относящихся к ней орбит 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. Уже получается фиксировать объекты до 18,5 звездной величины, определять их местоположение и рассчитывать их орбиты. Подтверждено значительное повышение точности получаемой информации об орбитах объектов в районе геосинхронной околоземной орбиты. Удастся также безошибочно выявлять спутники, объединенные в группировки.

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 (например, SMARTnet), т. е. исходных данных, которые обрабатываются системой, а также определение и дальнейший расчет орбит. Для обнаружения новых находящихся в космосе объектов применяется алгоритм кластеризации графов. Система может обрабатывать данные различных типов, включая радиолокационные, оптические и полученные с помощью спутниковой лазерной дальнометрии (СЛД). Различные входные данные также 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 тыс. 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. Кроме того, был разработан пользовательский интерфейс, позволяющий экспортировать данные из базы данных для использования другими компьютерными программами или другими организациями.

ДЛР установил 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. Центральное место во внедряемой лазерной технологии отводится ближней инфракрасной области спектра, включая, в частности, безопасную для зрения область длин волн лазера. Помимо внедрения активных лазерных оптических технологий будут изучены возможности пассивного оптического спектрального анализа орбитальных объектов.

В ДЛР разработана сверхкомпактная, автоматически управляемая система спутниковой лазерной дальнометрии (миниСЛД). Она обеспечивает точность данных о местоположении на низких и средних 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 лазерного мониторинга космического движения. 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 миниСЛД настраивается в качестве специального лазерного передатчика применительно к компонентам поляриметрического ретроотражателя на космическом аппарате.

Моделирование и оценка орбитальных и наземных рисков

Брауншвейгский технический университет реализует новый проект, предусматривающий разработку различных метрик для оценки критериев устойчивости использования, в частности, низкой околоземной орбиты с учетом растущей вероятности столкновений в этом районе. Подобные исследования особенно актуальны в настоящее время, так как действующие меры по предупреждению засорения космоса не рассчитаны на управление чрезвычайно большим числом объектов, ожидаемых в связи с созданием мегагруппировок. В этой связи объективные критерии оценки общего состояния засоренности космического пространства, схожие по концепции, например, с критериями Индекса состояния здоровья океанов, могли бы стать инструментом не только для измерения глобального состояния этой среды, но и для определения объективных критериев достижения ее устойчивости.

Благодаря работе Фраунгоферовского института высокоскоростной динамики им. Эрнста Маха Германия вносит значительный вклад в исследование последствий столкновений на орбите и соударений с космическим мусором. Проводится экспериментальное моделирование высокоскоростных соударений с использованием легкогазовых ускорителей и высокоскоростной диагностики с учетом текущих ограничений наземных испытаний. Проводятся испытания компонентов космического аппарата, таких как конструкции из пластика, армированного углеродным волокном, прозрачные материалы, емкости высокого давления и топливные элементы для увода с орбиты, не только в целях оценки последствий повреждений и количественных значений проектных пределов, но и в целях создания моделей для оценки последствий соударений с космическим мусором на системном уровне. Эксперименты по изучению соударений, проводимые в основном в рамках соглашения с Европейским космическим агентством, дополняются численным моделированием для расширения диапазона параметров условий столкновений и проведения численных экспериментов на уровне космического аппарата. В Фраунгоферовском институте им. Эрнста Маха разрабатываются и применяются специализированные гидрокоды и методы дискретных элементов для комплексного моделирования высокоскоростных столкновений. В качестве примера последнего можно привести проект DEM-O, недавно заверченный при поддержке Германского космического агентства. Этот проект демонстрирует пригодность метода дискретных элементов для моделирования высокоскоростных соударений. С помощью моделей на основе частиц можно точно моделировать сценарии высокоскоростных соударений, в частности фрагментацию в результате таких соударений. Дискретный характер этого метода обеспечивает его явное преимущество перед традиционными гидрокодами при моделировании фрагментации и разрушения спутника на орбите. На последнем этапе осуществления проекта основное внимание уделялось совершенствованию моделирования вторичных воздействий, которым подвергается спутник сразу после высокоскоростного удара.

В последнее десятилетие существенно возросла обеспокоенность по поводу наземных рисков, создаваемых фрагментами космических аппаратов, которые не разрушаются при возвращении в атмосферу, поэтому космическое сообщество активизировало деятельность по таким направлениям, как разработка, совершенствование и проверка средств моделирования возвращения в

атмосферу и проведение исследований в области проектирования с расчетом на разрушение. Цель работы по первому направлению заключается в повышении достоверности численного прогнозирования рисков, связанных с возвращением в атмосферу, а по второму — в разработке новых методов проектирования космических аппаратов, способных значительно повысить вероятность их разрушения.

В 2009 году Германский центр космических операций (ГЦКО) приступил к разработке и эксплуатации системы программного обеспечения, предназначенной для оценки сближения космических аппаратов, эксплуатируемых ГЦКО, и с тех пор продолжает развивать, сопровождать и эксплуатировать эту систему. 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.

Индия

[Подлинный текст на английском языке]
[28 октября 2022 года]

Индия находится в процессе официального принятия национальной политики в области космической деятельности, которая, в частности, учитывает требования в отношении предупреждения засорения космоса ради обеспечения безопасности и устойчивости космической деятельности.

Индийская организация космических исследований (ИСРО) инициировала ряд исследований по проблеме космического мусора, включая моделирование засоренности космической среды, анализ возвращения объектов в атмосферу, анализ фрагментации и активное удаление мусора.

В целях скоординированного управления всей деятельностью по обеспечению осведомленности об обстановке в космосе и создания средств наблюдения, позволяющих сопровождать космические объекты, была создана Система ИСРО для безопасного и устойчивого управления космическими операциями (IS4OM). Уже ведется работа по созданию обсерваторий, предназначенных специально для сопровождения и мониторинга космических объектов на низкой околоземной и геосинхронной орбитах, включая отслеживание и мониторинг космического мусора в рамках проекта «Сеть по отслеживанию и анализу космических объектов». Кроме того, разрабатываются планы по установке дополнительных оптических телескопов.

Помимо других мероприятий, связанных с обеспечением осведомленности об обстановке в космосе, в рамках системы IS4OM создан центр управления для обработки данных наблюдений из разных обсерваторий с целью создания национального каталога космического мусора.

ИСРО проводит исследования для улучшения прогнозирования возвращения космических объектов в атмосферу, а также по моделированию и анализу фрагментации при входе в атмосферу. ИСРО активно участвует в организуемых Межагентским координационным комитетом по космическому мусору (МККМ) ежегодных мероприятиях по прогнозированию возвращения объектов в атмосферу. Ведется работа по дальнейшему совершенствованию существующих методологий предотвращения столкновений космических средств с космическим мусором, например анализ сближения космических объектов и анализ в целях предотвращения столкновений при запуске.

В качестве члена МККМ, Комитета по космическому мусору Международной академии астронавтики, Технического комитета по управлению космическим движением Международной астронавтической федерации, Рабочей группы 7 Международной организации по стандартизации и Рабочей группы по долгосрочной устойчивости космической деятельности Комитета по использованию космического пространства в мирных целях ИСРО активно участвует в различных международных мероприятиях и исследованиях, имеющих отношение к проблеме космического мусора.

В настоящее время у ИСРО нет космических объектов с ядерными источниками энергии на борту, которые представляли бы угрозу безопасности в космическом пространстве. Если в будущем будет планироваться запуск подобного объекта, ИСРО будет решать соответствующие вопросы безопасности в соответствии с руководящими принципами, признанными на международном уровне.

Италия

[Подлинный текст на английском языке]
[2 ноября 2022 года]

В 2022 году активнее чем прежде прилагались взаимодополняющие усилия по изучению рисков, создаваемых природными и искусственными космическими объектами. Научно-технические сообщества Италии обладают обширными знаниями относительно обоих типов рисков, что проявляется в их активном участии в ряде крупных национальных и международных инициатив, благодаря чему:

- a) достигнуты успехи в создании и развертывании сети телескопов *Fluеуе*, предназначенных для наблюдения за объектами, сближающимися с Землей, и за космическим мусором;
- b) продолжается участие в работе консорциума Европейского союза по наблюдению и слежению за объектами в космосе (НСК ЕС) и подписано соответствующее соглашение о партнерстве с целью достижения высокого уровня автономности в мониторинге популяции космического мусора;
- c) осуществляется координация инициатив в области исследований и разработок на национальном и международном уровнях;
- d) успешно завершена миссия *LICIAscube* (легкий итальянский кубсат для съемки астероидов) к двойному астероиду Дидим.

Исследовательские институты и промышленные предприятия Италии совместно разработали широкоугольный высокочувствительный телескоп *Fluеуе* с беспрецедентно широким обзором. Сеть телескопов *Fluеуе* способна выполнять ночные обзоры всего неба, и поэтому может быть весьма эффективной для заблаговременного обнаружения приближающихся объектов (а именно астероидов размером более 50 метров, движущихся по траектории, ведущей к столкновению с нашей планетой), а также для обзора района средних околоземных орбит, где находятся группировки навигационных спутников, и района высот выше 1 500 км. Первый телескоп *Fluеуе* был создан в сотрудничестве с Европейским космическим агентством для целей планетарной защиты и вскоре будет установлен в Центре космической геодезии Итальянского космического агентства (АСИ) в Матере, Италия, для ввода в эксплуатацию и научной проверки. В 2022 году АСИ параллельно инициировало закупку четырех телескопов *Fluеуе* для наблюдения за космическим мусором.

В рамках консорциума ККП ЕС Италия отвечает за предоставление услуг по мониторингу вхождения объектов в атмосферу и фрагментации. В 2022 году в ходе этой оперативной деятельности тщательно отслеживались наиболее значительные случаи неуправляемого входа в атмосферу (в координации с

Управлением по делам гражданской обороны Италии), а также случаи фрагментации на орбите.

Италия активно участвует в двух научно-исследовательских проектах Европейского союза.

Проект NEOROCKS («Быстрое проведение наблюдений, определение характеристик и базовое моделирование объектов, сближающихся с Землей»), возглавляемый итальянским Национальным институтом астрофизики, направлен на изучение физических характеристик объектов, сближающихся с Землей, знание которых имеет решающее значение для оценки степени серьезности столкновения с астероидом. Были проведены расширенные целевые наблюдения с использованием светосильных телескопов, создана уточненная база данных о физических свойствах объектов, сближающихся с Землей, и успешно проведен «эксперимент по быстрому реагированию», включающий все последовательные этапы от обнаружения до астрометрического сопровождения и определения физических характеристик вновь обнаруженного объекта.

В ноябре 2022 года в рамках проекта Stardust («Сеть по исследованию космического мусора и астероидов») была организована вторая Международная конференция по проекту Stardust, чтобы поделиться информацией об используемых в ходе проекта методах и полученных результатах и ознакомить участников, в частности начинающих исследователей, с активно проводимыми в мире исследованиями, касающимися космического мусора и астероидов.

В отношении проблем как сближающихся с Землей объектов, так и космического мусора необходимо использовать передовые методы, применяемые в области небесной механики. В этом плане итальянское научное сообщество, связанное с механикой небесных тел, в течение года участвовало на самом высоком уровне во многих совещаниях по решению самых разных вопросов, от чисто теоретических аспектов до прикладных космических проектов. Следует отметить восьмое Международное совещание по небесной механике, организованное Римским университетом Тор Вергата, Международный семинар по движению на компланарных орбитах, проведенный в Институте прикладной математики и информационных технологий «Энрико Мадженес» Национального исследовательского совета Италии в Милане, и четырнадцатую Летнюю школу в Кортине по теоретическим и прикладным аспектам небесной механики (CELTA), организованную Университетом нагорья и островов (University of the Highlands and Islands), Шотландия, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии. Во всех мероприятиях активно участвовали представители нового поколения хорошо подготовленных студентов и молодых ученых-исследователей.

Наконец, благодаря тесному сотрудничеству между итальянскими научным и промышленным сообществами при координации со стороны АСИ был весьма успешно осуществлен важный проект. Зонд LICIAcube 11 сентября 2022 года отделился от космического аппарата DART (опыт с перенаправлением пары астероидов) Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства Соединенных Штатов Америки, который должен был достичь астероида Дидим и столкнуться с его 140-метровым спутником — Диморфом, чтобы провести первый в истории эксперимент по отклонению траектории движения астероида. Все подсистемы LICIAcube функционировали штатно, и 26 сентября 2022 года итальянский зонд успешно заснял шлейф выброса в результате удара космического аппарата DART, предоставив уникальные данные как для расширения знаний о составе и внутренней структуре астероида, так и для моделирования динамики столкновения с малым небесным телом.

Япония

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2022 года]

Общий обзор

По просьбе Управления по вопросам космического пространства Секретариата в настоящем сообщении представляется информация о деятельности по тематике космического мусора, в основном осуществляемой Японским агентством аэрокосмических исследований (ДЖАКСА).

По состоянию на октябрь 2022 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 основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе;
- c) исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите и геостационарной (геосинхронной) 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.

Более подробная информация представлена в разделах ниже.

Положение дел

Активное удаление мусора

ДЖАКСА выступило организатором и определило структуру программы исследований, цель которой — осуществление 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. ДЖАКСА сотрудничает с японскими частными компаниями в целях реализации коммерческих малозатратных проектов по активному удалению космического мусора и работает над передачей необходимых для этого важнейших ключевых технологий.

Кроме того, ДЖАКСА руководит осуществлением демонстрационного проекта по удалению мусора на коммерческой основе (CRD2). Проект состоит из двух этапов и имеет целью выполнение операции по активному удалению мусора в партнерстве с частными компаниями. В ходе первого этапа в 2022 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 2025 финансового года, будет проведена демонстрация активного удаления мусора и возвращение в атмосферу 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 основных технологий обеспечения осведомленности об обстановке в космосе

ДЖАКСА регулярно получает уведомления о сближениях от Центра совместных космических операций (ЦСКО). В 2021 году ДЖАКСА выполнило два маневра уклонения низкоорбитальных космических аппаратов от фрагментов мусора. ДЖАКСА как оператор спутников признает, что сближение с космическим мусором по-прежнему представляет существенную опасность, поскольку состояние космической среды ухудшается год от года.

Основные технологии обеспечения осведомленности об обстановке в космосе

ДЖАКСА разработало новую систему обеспечения осведомленности об обстановке в космосе, которая в настоящее время находится в пробной эксплуатации для проверки работоспособности, прежде чем она будет полностью введена в эксплуатацию в апреле 2023 года. В систему входят:

- a) радиолокационная станция: ДЖАКСА разработало новую РЛС для низкой околоземной орбиты, способную наблюдать за объектами размером 10 см на высоте 650 км;
- b) телескоп: ДЖАКСА провело восстановительный ремонт своих телескопов класса 1 м и 50 см, чтобы расширить их возможности по наблюдению за космическим мусором на высоких, в том числе на геостационарной, орбитах;
- c) система анализа: ДЖАКСА разработало новую систему для анализа данных наблюдений, получаемых с РЛС и телескопов, которые затем используются для оценки рисков и составления планов предотвращения столкновений в случае приближения фрагментов мусора к спутникам ДЖАКСА.

ДЖАКСА также разработало программное средство в поддержку планирования маневров уклонения после получения сообщения от ЦСКО с данными о сближении и с марта 2021 года бесплатно предоставляет его всем спутниковым операторам на сайте ДЖАКСА.

Ожидается, что это программное средство упростит процедуру маневров уклонения и сделает ее менее трудоемкой. ДЖАКСА продолжит эту деятельность.

Исследования, касающиеся методов наблюдения за объектами на низкой околоземной орбите и геостационарной (геосинхронной) 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. Для наблюдения за низкой околоземной орбитой разработан большой датчик на основе комплементарной структуры «металлоксид-полупроводник» (КМОП). Применение для анализа данных, поступающих с КМОП-датчика, технологий обработки изображений на основе программируемой пользователем логической матрицы позволяет обнаруживать на низкой околоземной орбите объекты размером 10 см и меньше. Чтобы расширить возможности для наблюдения объектов на низкой околоземной и геосинхронной орбитах, в дополнение к Ньюкасамской обсерватории в Японии были обустроены два удаленных пункта наблюдений в Австралии: один — в обсерватории Задко в Западной Австралии, другой с системой из четырех 18-сантиметровых телескопов — в обсерватории Сайдинг-Спринг в Новом Южном Уэльсе. Данные, поступающие с обоих пунктов наблюдений в Австралии позволят точно определять орбиты и оценивать высоту объектов на низкой околоземной орбите.

Система непосредственного измерения микрофрагментов мусора

Для измерения милли- и микроразмерных фрагментов мусора на орбитах используется специальный датчик — индикатор частиц космического мусора. Последний лётный 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 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.

ДЖАКСА сотрудничает с Управлением программы по орбитальному мусору Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки в разработке новых средств непосредственного измерения микрофрагментов мусора с целью получения представления о ситуации с мелким мусором на орбитах высотой до 1 тыс. км. В рамках сотрудничества между НАСА и ДЖАКСА проводится серия высокоскоростных ударных испытаний с использованием опытных образцов.

Разработка композитного топливного бака

Для изготовления топливных баков обычно используется титановый сплав, который наиболее пригоден благодаря малому весу и хорошей химической совместимости с топливом. 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 проводило исследования с целью разработки бака с внутренним покрытием из алюминия 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 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.

Композитный топливный бак отличается от титанового бака более коротким сроком поставки и меньшей стоимостью. В настоящее время ведется экспериментальная и аналитическая оценка вероятности прекращения 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 апреле 2023 года планируется ввести в эксплуатацию станцию спутниковой лазерной дальнометрии в Цукубе.

В последние годы все большее значение приобретает улучшение заметности объектов на орбите. ДЖАКСА разработало недорогой и компактный отражатель для спутниковой лазерной дальнометрии (названный Mt.FUJI), который можно универсально использовать на низкой околоземной орбите. ДЖАКСА будет продвигать его применение на международном уровне для повышения возможности слежения за объектами на орбите, тем самым способствуя устойчивому использованию космического пространства.

Мексика

[Подлинный текст на испанском языке]
[28 октября 2022 года]

Вследствие новых запусков и фрагментации существующих объектов засоренность околоземных орбит продолжает расти, при этом за большей частью потенциально опасных фрагментов орбитального мусора не ведется регулярного наблюдения. Хотя существующие руководящие принципы предупреждения образования космического мусора стали соблюдаться несколько лучше, нынешние показатели их соблюдения (от 40 до 60 процентов, в зависимости от характеристик орбит) далеки от тех, которых необходимо достичь, чтобы избежать неуклонного роста числа столкновений с мусором.

Увеличение числа малых спутников, сокращение срока их службы и возможность создания крупных группировок коммерческого назначения в составе нескольких тысяч спутников порождают новые проблемы. В то же время разработка новых коммерческих продуктов, позволяющих получать информацию о ситуации в космосе, обслуживание спутников на орбите и активное удаление космического мусора могут иметь некоторый положительный эффект, хотя осуществление указанной деятельности порождает и соответствующие политические и правовые проблемы.

Мексика поддержала инициативу Германии, Канады и Чехии подготовить сборник мер по предупреждению образования и защите от космического мусора, который был представлен на рассмотрение Юридического подкомитета Комитета по использованию космического пространства в мирных целях на его пятьдесят третьей сессии и который является первым документом, содержащим полученную непосредственно от государств-членов информацию о принимаемых ими нормативных мерах по уменьшению засорения и засоренности околоземного пространства².

Космический мусор уже падал на территорию Мексики, пока не причинив вреда людям, но подвергнув их серьезной опасности, над устранением которой начало работать Мексиканское космическое агентство (МКА). Наиболее свежий пример — падение фрагментов российского космического корабля «Союз-2-1А» в Махауале, штат Кинтана-Роо, Мексика, 25 апреля 2016 года. В том же году и на том же месте были найдены фрагменты европейского космического аппарата

² www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html.

«Ариан-5». Необходимые меры были приняты подразделением гражданской обороны штата Кинтана-Роо и местными жителями³.

С падением космического мусора сталкивается не только Мексика, но и другие страны мира. Поэтому необходимо искать решение, чтобы урегулировать ситуацию до того, как наступят серьезные последствия.

Учитывая важность этой проблемы, Мексика в лице Мексиканского космического агентства предприняла шаги, чтобы стать членом Межагентского координационного комитета по космическому мусору, а также начала координировать на национальном уровне деятельность по решению проблем космического мусора.

В целях координации опыта Мексики на национальном уровне государственные и частные университеты взяли на себя задачу по разработке моделей использования обсерваторий для идентификации фрагментов мусора и мониторинга космического мусора и повреждений спутников ради обеспечения безопасности космической инфраструктуры, а также по развитию деятельности, исследований и методов, доказавших свою эффективность в снижении образования космического мусора.

Примером такой деятельности является новейшая миссия Colibri — университетский проект по содействию защите от космического мусора с помощью кубсата, способного определять точные координаты местонахождения фрагментов космического мусора, — которая будет дополнена серией моделей, учитывающих гравитацию, атмосферу, скорость и многие другие переменные⁴.

Спутник Colibri будет находиться на орбите в течение одного года. В настоящее время осуществляется его проектирование, в ходе которого определены технические параметры, и начинается процесс создания.

В приложении к настоящему документу представлена ориентировочная таблица с указанием основных мероприятий и исследований, проводимых государственными и частными университетами Мексики в связи с проблемой космического мусора.

Мьянма

[Подлинный текст на английском языке]
[20 октября 2022 года]

На этапе заседаний высокого уровня ЮНИСПЕЙС+50, проведенном в Вене 20 и 21 июня 2018 года, присутствующие государства поздравили Мьянму с участием в праздновании исторической годовщины первой Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, организованной Управлением по вопросам космического пространства. 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 космической программы, направленной на претворение в жизнь стремления запустить в космос национальный спутник и тем самым получить контроль над национальными стратегическими средствами связи и вещания. 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

³ Более подробная информация об инциденте (на испанском языке) размещена по адресу <https://elquintanaroo.mx/cae-basura-espacial-en-mahahual>.

⁴ Более подробная информация о миссии Colibri размещена по адресу <https://colibrimission.com>.

глобальных инициатив, как Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

Поскольку проект создания национального спутника находится на стадии планирования, Мьянма еще не испытывала потребности в решении вопросов космического мусора, ядерных источников энергии и связанных с ними проблем. Мьянма еще не рассматривала вопрос о проведении исследований по данной тематике, однако параллельно с созданием собственной спутниковой системы страна готова сотрудничать с международным сообществом и международными организациями в разработке и реализации мер по предупреждению образования космического мусора, поскольку считает это важным шагом к обеспечению безопасной и мирной космической среды.

Словакия

[Подлинный текст на английском языке]
[28 октября 2022 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 Vespa 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.

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

Факультет математики, физики и информатики Университета им. Коменского изучает возможность применения своей системы камер автоматической системы расчета метеорных орбит (AMOS) для измерений параметров вхождения в атмосферу космического мусора. AMOS используется для автоматического обнаружения метеоров, расчета их орбит и получения спектров. Университет им. Коменского 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. Такой анализ должен помочь повысить точность прогнозов живучести фрагментов и точность оценок риска для населения Земли.

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. Телескоп AGO70 используется для измерения кривых блеска 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 и их спектров от объектов на низкой околоземной орбите используются спектральные камеры AMOS. Полученные спектры дают информацию высокого разрешения о свойствах поверхности в зависимости от длины волны.

Приложение

Мексика: государственные и частные университеты Мексики, проводящие мероприятия и исследования по тематике космического мусора

Государственные университеты

Проекты или обсерватории, связанные с проектом «Международная научная сеть оптических инструментов» (МНСН):

МНСН — международный проект, в настоящее время объединяющий 30 телескопов в 20 обсерваториях в нескольких странах, которые используются для обнаружения, мониторинга и сопровождения объектов в космосе. Проект осуществляется в 50 странах, в нем задействованы около 200 исследователей.

<i>Университет или исследовательский центр</i>	<i>Наименование учреждения</i>	<i>Проект</i>	<i>Ответственное лицо</i>	<i>Описание проекта</i>	<i>Примечания</i>
Автономный университет Нуэво-Леон (АУНЛ)	Физико-математический факультет (ФМФ)	Международная обсерватория для мониторинга космического мусора — проект МНСН	Энрике Перес Леон	В рамках проекта МНСН при поддержке обсерватории АУНЛ создается сеть космических наблюдений для мониторинга космического мусора, астероидов и всплесков гамма-излучения с целью улучшения понимания исходного состояния Вселенной	Обсерватория АУНЛ была открыта 7 марта 2017 года и продолжает работать. Обсерватория используется в рамках магистерской программы по астрофизике на ФМФ и для проведения исследований
				www.milenio.com/cultura/inauguran-observatorio-uanl-monitorear-clima-espacial	
Автономный университет Синалоа (АУС)	Астрономический центр (АЦ)	Астрономическая обсерватория АУС — проект МНСН	Татьяна Николаевна Кокина-Юрова	В рамках проекта МНСН при поддержке Астрономической обсерватории АУС создается сеть космических наблюдений для мониторинга сближающихся с Землей астероидов и техногенного мусора, съемки и анализа информации	Обсерватория АУС была открыта 3 мая 2012 года и продолжает работать. В случае с АУС, основанные на мониторинге исследования и анализ проводятся в сотрудничестве с Институтом прикладной математики им. Келдыша Российской академии наук
				http://reserva.uas.edu.mx/index.php?p=2	
				www.noroeste.com.mx/buen-vivir/detecta-observatorio-de-la-uas-basura-espacial-KANO451478	
				https://direcciondecomunicacion.unison.mx/presentan-monitoreo-de-basura-espacial-en-aniversario-del-area-de-astronomia-del-difus/	

Проекты с другими аффилированными организациями

Университет или исследовательский центр	Наименование учреждения	Проект	Ответственное лицо	Описание проекта	Примечания
Мексиканский национальный автономный университет (МНАУ) и Автономный университет Нуэво-Леон (АУНЛ)	Институт астрономии (ИА) и Физико-математический факультет (ФМФ)	Университетская программа развития астрофизики и космонавтики — Национальная астрономическая обсерватория Сан-Педро Мартир (НАО-СПМ)	Эдуардо Перес Тихерина	Обсерватория будет участвовать в Государственной программе научного туризма, предлагая астрономические наблюдения в сопровождении гида, а в рамках проекта университетской программы по международному сотрудничеству продолжит участвовать в мониторинге космического мусора, всплесков гамма-излучения и космической погоды.	Обсерватория (НАО-СПМ) была открыта в 2020 году в разгар пандемии COVID-19. Обсерватория используется студентами бакалавриата по физике, специализирующимися в астрономии, и студентами магистратуры по планетарной астрофизике и связанным с ней технологиям, которая соответствует критериям качества Национального совета по науке и технике
<p>https://puntou.uanl.mx/noti-u/abriria-en-julio-observatorio-astronomico-universitario-uanl/ www.astrossp.unam.mx/es/ www.planeacion.unam.mx/Memoria/2014/PDF/7.2-IA.pdf</p>					

Более ранние проекты

Университет или исследовательский центр	Наименование учреждения	Проект	Ответственное лицо	Описание проекта	Примечания
Мексиканский национальный автономный университет (МНАУ)	Центр передовых технологий (ЦПТ) и Инженерный факультет (ИФ), кампус Хурикилья, Керетаро	Стратегии уменьшения засорения космоса	Сауль Сантильян Гутьеррес	Исследования и разработка стратегий уменьшения засорения космоса, включая такие вопросы, как детектирование космических частиц, разработка математических моделей образования мусора, измерения и планы защиты	Исследования и разработка стратегий начались в 2013 году; информация об их продолжении в настоящее время отсутствует. Исследовательская группа состояла из научных сотрудников, аспирантов и старшекурсников инженерно-технических специальностей
<p>www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_129.html www.zonacentronoticias.com/2013/02/desarrollan-en-la-unam-estrategias-para-reducir-la-basura-espacial/ www.equilibriummedicinatural.com/a-limpiar-el-espacio-sidereal/</p>					

Исследовательские и просветительские проекты (текущие)

Университет или исследовательский центр	Наименование учреждения	Проект	Ответственное лицо	Описание проекта	Примечания
Национальный политехнический институт (НПИ)	Колледж машиностроения и электротехники (КМЭ) и Тикоманская аэрокосмическая ассоциация (ТАКА) КМЭ	Общие исследования по проблеме космического мусора и просвещение	Нет данных	НПИ через Тикоманское отделение КМЭ основал Тикоманскую аэрокосмическую ассоциацию КМЭ, одной из целей которой является проведение исследований по теме космического мусора. Эти органы часто публикуют статьи на эту тему, распространяя информацию в Институте и среди населения	С момента создания ТАКА эти органы готовят и распространяют информацию о космическом мусоре и по другим темам. В настоящее время они не осуществляют какой-либо проект в этой области, так как находятся в процессе расширения
					www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/statements/2020-02-05-PM-Item08-04-MexicoS.pdf www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/ActividadesCulturales/NocheEstrellas/BasuraEspacial.pdf
Мексиканский национальный автономный университет (МНАУ)	Институт астрономии (ИА)	Общие исследования по проблеме космического мусора и просвещение	Нет данных	В задачи Института астрономии входит, в частности, проведение исследований в области астрофизики и разработка астрономических приборов. Институт также проводит информационно-просветительские мероприятия и распространяет информацию, касающуюся астрономии и науки в целом, в том числе по теме космического мусора (см. ссылки ниже)	С момента основания Институт проводит исследования в области космоса, способствуя распространению знаний через научно-образовательный журнал МНАУ <i>¿Cómo ves? — Revista de Divulgación de la Ciencia</i> . Его задача – обеспечить высококачественную подготовку специалистов на уровне бакалавриата, магистратуры и докторантуры
					www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/170/basura-espacial www.comoves.unam.mx/numeros/retos/261

Частные университеты

<i>Университет или исследовательский центр</i>	<i>Наименование учреждения</i>	<i>Проект</i>	<i>Ответственное лицо</i>	<i>Описание проекта</i>	<i>Примечания</i>
Пан-американский университет (ПА)	Инженерный факультет в кампусах Агуаскальентес и Мехико	Проект «Миссия Colibri» (наноспутник-кубсат Pakal)	Под руководством группы студентов, упомянутой в примечаниях (см. вторую ссылку на информацию о лидерах каждого направления в рамках проекта)	Задача проекта наноспутника-кубсата Pakal — измерять плотность атмосферы на низкой околоземной орбите для изучения атмосферных явлений и в целом внесения вклада в решение проблемы космического мусора	<p>Проект «Миссия Colibri» был запущен в 2018 году и в настоящее время находится в стадии разработки.</p> <p>Проект разрабатывается при участии более 50 студентов Панамериканского университета разных специальностей в сотрудничестве с Лабораторией двигателей космических аппаратов Массачусетского технологического института, благодаря чему он стал частью программы международных научно-технических инициатив (MISTI).</p>
<p>www.sinembargo.mx/04-07-2021/3994408</p> <p>www.colibrimission.com/</p>					