



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/681
17 December 1997

RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

МЕРЫ, ПРИНИМАЕМЫЕ КОСМИЧЕСКИМИ АГЕНТСТВАМИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕМПОВ ОБРАЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

Доклад Секретариата

СОДЕРЖАНИЕ

	Пункты	Страница
ВВЕДЕНИЕ	1—3	2
I. НЕДОПУЩЕНИЕ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ В КОСМОС ОБЪЕКТОВ В СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМИ ПОЛЕТАМИ	4—11	2
II. ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	12—21	4
III. СПУСК КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ОРБИТЫ И ПЕРЕВОД ИХ НА БОЛЕЕ ВЫСОКИЕ ОРБИТЫ	22—39	6
А. Низкие околоземные орбиты и орбиты с высокой степенью эксцентricности	22—31	6
В. Геостационарная орбита	32—39	8
IV. ЭКРАННАЯ ЗАЩИТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	40—46	9
V. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ	47—49	10

ВВЕДЕНИЕ

1. На своей тридцать четвертой сессии Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях с удовлетворением отметил подготовленный Секретариатом доклад о различных мерах, применяемых космическими агентствами для снижения темпов образования космического мусора (A/A.C.105/663), и рекомендовал обновлять этот доклад на ежегодной основе (A/A.C.105/672, пункт 90).
2. Эта рекомендация была поддержана Комитетом по использованию космического пространства в мирных целях на его сороковой сессии¹.
3. Настоящий доклад, подготовленный Секретариатом во исполнении этой просьбы, содержит резюме информации, представленной государствами-членами, а также национальными и международными космическими организациями. Настоящий доклад построен по формату соответствующих частей технического доклада о космическом мусоре, который в настоящее время подготавливается Научно-техническим подкомитетом.

I. НЕДОПУЩЕНИЕ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ В КОСМОС ОБЪЕКТОВ В СВЯЗИ С КОСМИЧЕСКИМИ ПОЛЕТАМИ

4. Ракеты-носители и космические аппараты можно сконструировать таким образом, чтобы они не создавали загрязнения в космосе, т.е. предусмотреть возможность отъединения устройств разделения, откателей полезной нагрузки и других компонентов одноразового применения (не считая ракетных корпусов верхней ступени) на достаточно низких высотах и скоростях, с тем чтобы они не превращались в орбитальный мусор. Эту задачу сложнее решить в случаях, когда два космических аппарата выводятся одной ракетой-носителем. Кроме того, можно сделать так, что механизмы отделения ступеней и защитных устройств космического аппарата, таких, как крышки объективов, а также другой потенциальный мусор не будут отделяться от ступеней или космического аппарата, что достигается с помощью удерживающих строп и других приспособлений, призванных свести к минимуму образование мусора. Это делается в некоторых случаях, когда это допускается существующими и новыми конструкциями космических аппаратов. Такую практику следует продолжить и, по возможности, расширить.
5. Когда проект предусматривает вывод на орбиту космического аппарата, обладающего самостоятельной маневренностью, возможны два варианта. Один из них состоит в том, чтобы не отсоединять верхнюю ступень, предназначенную для вывода космического аппарата на орбиту, с тем чтобы максимально использовать имеющиеся возможности для маневрирования. Второй вариант заключается в том, чтобы отделить космический аппарат на суборбитальной скорости и тем самым обеспечить естественный сход ступени с орбиты, при этом для выхода на заданную орбиту космический аппарат использует свои собственные бортовые двигатели. С точки зрения возможных затрат и потерь, первый вариант приводит к выводу на орбиту большей массы - и к росту потенциальной опасности столкновения с космическим мусором, - а второй вариант сопряжен с повышением сложности космического аппарата. Для определения того, какой из этих вариантов представляется наиболее целесообразным, требуется дополнительное изучение.
6. Японское национальное космическое агентство (НАСДА) требует не допускать отсоединения механических узлов при отделении спутников или разворачивании солнечных батарей, за исключением некоторых конкретных операций, например отделения отработавших двигателей для создания импульса тяги в апогее, которые устанавливаются на геостационарных метеорологических спутниках.
7. Главное правило, установленное Национальным центром космических исследований Франции (КНЕС) для предупреждения роста замусоренности космического пространства, заключается в следующем: по завершении программы запуска спутника на любую заданную орбиту на орбите не должно оставаться более одной единицы инертного космического мусора на запущенный спутник. Для

обеспечения выполнения этого правила КНЕС включил в технические спецификации РН "Ариан" следующие методы предупреждения образования космического мусора:

а) в случае, когда ракетой-носителем на орбиту выводится один космический аппарат, орбитальные объекты должны пассивироваться, что предполагает дренаж остатков ракетного топлива, в том числе рабочего резерва и топлива, которое используется в системе управления положением в пространстве, и стравливание давления в топливных баках;

б) в случае вывода общей ракетой-носителем более чем одного космического аппарата переходное устройство должно быть также переведено в инертное состояние:

- i) использование твердотопливных двигателей на орбите запрещается (они создают облака алюминиевых частиц);
- ii) истечение срока службы электрических батарей и элементов не должно сопровождаться резким повышением давления;
- iii) системы отделения полезной нагрузки и устройства по выводу нескольких космических аппаратов не должны быть источником какого-либо мусора (герметизированное пиротехническое отделение и улавливание пиротехнических болтов и хомутов);
- iv) предполетный анализ программы должен гарантировать с вероятностью выше $1,10^{-4}$, что на орбите не произойдет столкновения между объектами.

8. В целях сведения к минимуму образования нового космического мусора компания "Суррей сателлит технолоджи лтд" в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии применяет при разработке мини- и микроспутников следующие методы:

а) надежное прикрепление к корпусу ракеты-носителя или самого спутника всех компонентов или частей, первоначальное крепление которых может ослабнуть в процессе запуска, включая остатки компонентов, подлежащих разрушению;

б) использование материалов, пригодных для космического пространства в том смысле, что им не будет причинен ущерб в результате выделения из них газа и воздействия других экологических условий, что может привести к образованию космического мусора, включая обработку поверхностей соответствующих материалов;

с) обеспечение того, чтобы все конструкционные крепления и все части спутника в целом были способны выдержать механические условия запуска, вывода на орбиту и последующей работы и при этом сохранять целостность конструкции.

9. Для сведения к минимуму образования космического мусора в рамках канадской программы РАДАРСАТ установлено применяемое на уровне систем требование о том, чтобы удерживался любой твердый мусор, образующийся в результате действия механизма крепления/разъединения. Иными словами, все подрядчики должны конструировать систему таким образом, чтобы в процессе вывода космического корабля на орбиту и его эксплуатации не образовывалось никакого мусора.

10. В последнее время модернизация применяемой ракетно-космической технологии и появление новых технологий в этой области побудили предприятия в Российской Федерации, занимающиеся космическими вопросами, принять ряд профилактических мер для снижения замусоренности космического пространства. Например, разрабатывается новая верхняя ступень ДМ ракеты-носителя "Протон", оснащенная средствами для предотвращения отделения системы запуска двигателя (двигатель СОЗ) от ступени на активном участке подъема на орбиту, в целях недопущения образования дополнительного мусора.

11. В рамках задачи осуществления проектов, не приводящих к загрязнению космоса, можно сочетать использование конструкторских и эксплуатационных решений, призванных способствовать достижению цели дальнейшего ограничения образования орбитального мусора в ходе любой космической

деятельности. В результате таких усилий темпы образования орбитального мусора будут снижены, хотя общая замусоренность космического пространства будет по-прежнему возрастать.

II. ПОВЫШЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

12. На мусор, образующийся в результате разрушения верхних ступеней РН, в настоящее время приходится более 30 процентов общей численности зарегистрированных объектов, находящихся на орбитах Земли. До 82 процентов всех случаев разрушения верхних ступеней ракет можно было бы предотвратить за счет применения соответствующих методов пассивации. В период 1990-1996 годов на околоземной орбите разрушилось в общей сложности 28 верхних ступеней различных типов ракет - в среднем по четыре в год. Хотя в некоторых из этих случаев разрушались старые верхние ступени, находившиеся на орбите уже в течении длительного времени, преобладающее большинство этих ракет было запущено в 1988 году или позднее, т.е. после того, как проблеме пассивации верхних ступеней стало уделяться большое внимание.

13. Пожалуй, первым важным шагом в деле сокращения образования космического мусора явилось введение Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки требования о дренаже неизрасходованного топлива и газов из верхних ступеней РН "Дельта" для предотвращения взрывов в результате смешения остатков топлива. В августе 1991 года компания, поставляющая вторую ступень РН "Дельта", внедрила новую процедуру, предусматривающую включение двигателя этой ступени для полного дожигания неизрасходованного топлива. Ни одна вторая ступень РН "Дельта", у которой производилась операция по дожиганию топлива, не подверглась последующему разрушению. В 1985 году НАСА уведомило НАСДА о наличии этой проблемы со второй ступенью РН "Дельта" в силу того, что японская ракета-носитель N-II использовала вторую ступень, которая конструктивно основывалась на упомянутой ступени РН "Дельта". В результате НАСДА начало также применять пассивацию, и ни одна вторая ступень РН N-II не разрушилась на орбите.

14. В августе 1995 года Управление по вопросам безопасности и обеспечения полетов НАСА приняло стандарт безопасности НАСА 170.14 под названием "Руководящие принципы и процедуры оценки мер по ограничению засоренности орбит". Руководящий принцип 4-2 этого документа касается пассивации космического аппарата и верхних ступеней. В частности, он гласит: "Все бортовые источники аккумулируемой энергии подлежат опорожнению, когда они уже не нужны для оперативных целей полета или увода космического аппарата с орбиты после завершения программы полета. Опорожнение производится в тот момент, когда это не создает недопустимого риска для рабочей нагрузки".

15. Бортовые источники энергии, о которых идет речь в данном стандарте, включают химическую энергию в виде топлив и взрывчатых веществ, используемых в полигонных системах безопасности, энергию в виде емкостей под давлением (например, в герметически закрытых аккумуляторных батареях, системах терморегулирования и управления положением в пространстве и двигательных системах) и кинетическую энергию (как в случае гироскопов, реагирующих на изменения внешнего момента). В соответствии с действующим стандартом НАСДА по предупреждению образования космического мусора и разработанным Европейским космическим агентством (ЕКА) проектом Руководства по предупреждению образования мусора также настоятельно рекомендуется принимать меры по пассивации верхних ступеней РН.

16. Разрабатываемые меры по опорожнению топливных баков должны предусматривать также стравливание находящихся под высоким давлением газов, которые используются в системах принудительной подачи топлива. Обычно это можно сделать, оставив открытыми в течение длительного времени линии подачи топлива и дренажные форсунки. Вытесняющий газ можно также стравить за счет использования специальных дренажных линий и пиротехнических клапанов. В случае аппаратов, у которых топливо и окислитель находятся в общем топливном баке, разделяемые только мембраной или стенкой, необходимо предусмотреть такие процедуры дренирования, которые исключали бы возникновение слишком высокого перепада давлений. И наконец, меры по пассивации ступени должны

включать обезвреживание полигонной системы безопасности (т.е. детонационных зарядов), а также изолирование и разрядку системы электроснабжения.

17. Как представляется, в качестве главной энергетической причины разрушения верхних ступеней РН явно выступают остатки топлива в виде гиперголей, криогенных жидкостей, унитарного топлива или простых окислителей. Что более важно, устранение из ступени этих энергоносителей на 100 процентов обеспечивает предотвращение разрушения будущих ступеней. Ликвидация остатков топлива обычно обеспечивается посредством запуска двигателей, которые работают до полного израсходования топлива, или простого дренирования топливных баков. В первом случае может потребоваться полный запуск всей двигательной системы, как это делается с РН "Дельта", "Дельта 2", "Пегас" и японской ракетой-носителем Н-II, или дожигание топлива в режиме холостого хода двигателя, как это делается в случае верхних ступеней ракет-носителей Н-I и Н-II. Гидразиновая система регулирования высоты у ракеты "Центавр" также обеспечивает полное дожигание остатков топлива после отделения полезной нагрузки. Чтобы получить наибольшую экологическую выгоду от этих операций по дожиганию топлива, они должны проводиться таким образом, чтобы это приводило к сокращению срока существования аппарата на орбите. Благодаря использованию этого метода продолжительность существования второй ступени ракеты-носителя "Дельта" (1996-024В) на орбите, которая, как первоначально планировалось, составит несколько сотен лет, была сокращена лишь до девяти месяцев.

18. Третья ступень ракеты-носителя "Ариан 4" была модифицирована после взрыва этой ступени на орбите во время полета системы "Спот 1" в 1986 году (V 16), который произошел девять месяцев спустя после запуска этой системы с помощью РН "Ариан 4". Были разработаны два пиротехнических клапана, которые были добавлены в систему вытеснения топлива из баков и которые срабатывали по завершении программы, стравливая давление из системы. Благодаря этому изменению конструкции, которое было внедрено в октябре 1993 года, 30 состоявшихся на сегодняшний день полетов прошли без каких-либо происшествий, что свидетельствует об абсолютной эффективности принятых мер.

19. Орбитальная ракета "Ариан 5" также переводится в инертное состояние по завершении своей программы посредством открытия двух пиротехнических клапанов, установленных на системе принудительной подачи топлива и оснащенных безмоментными жиклерами. Стравливание давления из основных баков занимает 10 минут.

20. Конструкция находящихся под высоким давлением баков с гелием у ракеты "Ариан" предусматривает их опорожнение через калиброванное отверстие за несколько часов. Давление в гидразиновой системе управления положением в пространстве стравливается до такого остаточного уровня, который гарантирует взрывобезопасность этой системы при столкновении с микрометеоритом или элементом орбитального мусора. В ходе разработки систем отделения в соответствии с спецификациями создателей спутников проводится их проверка на то, не являются ли они источниками космического мусора.

21. НАСДА проводит дренирование остатков топлива (ЖК, ЖВ, N_2H_4) и остатков газообразного гелия из второй ступени ракет-носителей Н-I и Н-II. Для предотвращения непреднамеренного разрушения в космосе второй ступени РН Н-II система ликвидации по команде отключается сразу же после вывода ступени на орбиту и ее пиротехническое устройство покрывается теплоизоляцией, чтобы не допустить его спонтанного включения. В отношении других ракет-носителей, таких как "Протон", "Зенит" и "Великий поход-4", также применяются меры пассивации с помощью дренирования.

III. СПУСК КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ОРБИТЫ И ПЕРЕВОД ИХ НА БОЛЕЕ ВЫСОКИЕ ОРБИТЫ

A. Низкие околоземные орбиты и орбиты с высокой степенью эксцентricности

22. Одним из важнейших руководящих принципов НАСА является планируемое удаление космического аппарата и последних ступеней с орбиты по завершении полезного срока их эксплуатации. Применение этого принципа позволяет уменьшить рост замусоренности наиболее часто используемых зон космического пространства и сократить опасность превращения столкновений на орбите в серьезный источник орбитального мусора. Однако в силу того, что в большинстве случаев планируемое удаление с орбиты является новой концепцией, оно воспринимается как фактор, вызывающий значительный рост расходов по новым программам. В целом альтернативами послеполетного удаления космических объектов с орбиты являются:

a) непосредственное возвращение и спуск с орбиты;

b) перемещение на такую орбиту, с которой под влиянием сопротивления атмосферы или гравитационных возмущений объект будет устранен в течение двадцати пяти лет;

c) перемещение в один из заданных районов захоронения, в котором объекты не будут препятствовать осуществлению будущих космических проектов.

23. Возвращение означает возвращение космического аппарата или другого космического оборудования на Землю без повреждения с помощью таких космических средств, способных входить в плотные слои атмосферы, как МТКК Соединенных Штатов "Спейс шаттл" или возвращаемый модуль "Союз" Российской Федерации. Примерами возвращенных космических аппаратов являются европейский возвращаемый орбитальный модуль "Эврика", японский космический летательный аппарат, платформа для длительного экспонирования полезной нагрузки Соединенных Штатов, спутник связи "Палапа-А", "Уэстар-В" и солнечная батарея космического телескопа Хаббла. В силу ограниченной вместимости "Шаттла" и связанных с этим относительно высоких расходов этот метод сокращения количества космического мусора используется лишь в редких случаях.

24. Спуск с орбиты представляет собой эффективный метод устранения объектов из космоса. Эта операция включает маневрирование с помощью двигателя с целью вызвать немедленное вхождение объекта в плотные слои атмосферы для его уничтожения, а также сокращение продолжительности его существования на объекте ниже определенного предела (например, 25 лет) посредством снижения высоты орбиты с использованием двигательных маневров или других методов, например, увеличения площади, подверженной воздействию сопротивления атмосферы. При некоторых запусках характеристики ракеты-носителя позволяют сохранить определенный резерв топлива, достаточный для того, чтобы оставшегося топлива хватило для увода ступени с орбиты. Как правило, это сопряжено с необходимостью модификации ступени, чтобы оснастить ее аппаратурой наведения и контроля, требуемой для управляемого спуска ее с орбиты после выполнения ее основной задачи (которая заключается в выведении на орбиту полезной нагрузки). Однако это может привести к увеличению стоимости проекта.

25. К управляемому спуску объектов с орбиты над пустынными районами Тихого океана часто прибегает Российское космическое агентство (РКА), после того как его транспортный корабль серии "Прогресс" доставляет груз на орбитальную станцию "Мир". Этот метод использовался даже для обслуживания прошлых орбитальных станций бывшего Советского Союза, начиная со станции "Салют-6" в 1978 году. Все орбитальные станции "Салют" были спущены с орбиты над Тихим океаном за исключением станции "Салют-2" и "Салют-7", у которых были сбои в работе. Управляемое вхождение в атмосферу запланировано также для станции "Мир" в 1999 году. НАСДА не имеет опыта управляемого возвращения космических аппаратов с больших высот, однако, как ожидается, спутник для измерения количества осадков в тропиках возвратится в атмосферу над одним из районов океана с высоты 380 километров, что позволит агентству получить данные такого рода.

26. Согласно стандарту НАСА, другой альтернативой управляемому непосредственному возвращению космических аппаратов в атмосферу является маневрирование аппарата, в результате чего перигей орбиты снижается настолько, что продолжительность инерционного существования объекта на орбите ограничивается периодом в 25 лет. Такое маневрирование позволяет быстро вывести объект из зоны повышенной опасности и тем самым удалить определенную массу и объем орбитального мусора за небольшой срок их существования на орбите, что было бы невозможно без такого маневра. Эта операция сопряжена со значительно меньшими затратами, чем возвращение объекта в заданный район. Это позволяет ускорить в конечном итоге вхождение объекта в плотные слои атмосферы, но ставит целый ряд вопросов, связанных с ответственностью, поскольку точный географический район вхождения объекта в атмосферу предсказать невозможно.

27. Чтобы обеспечить соответствие своих стандартов стандартам НАСА, НАСДА в своем стандарте STD 18 также приняло период в 25 лет в качестве допустимого срока, в течение которого космические системы после завершения эксплуатации должны возвратиться под действием естественных сил в атмосферу. Для большинства систем это происходит в том случае, если высота орбиты составляет менее 750 км. Если высота орбит превышает этот уровень и если риск возвращения объекта в атмосферу представляется допустимым, наиболее приемлемой мерой для предотвращения опасности столкновения с другими действующими космическими системами является сокращение срока существования объекта на орбите за счет снижения высоты перигея орбиты. Однако такое маневрирование предполагает наличие двигательной системы, что может усложнить конструкцию всей космической системы.

28. Альтернативой возвращению космических аппаратов в атмосферу под действием естественных сил и их управляемому удалению над пустынными районами океана является их перевод на орбиту захоронения. В случае низкой околоземной орбиты (НОО) эту альтернативу нельзя назвать выгодной в силу того, что она, как правило, сопряжена с проведением маневра, требующего двойного включения двигателей, что является более дорогостоящей операцией с точки зрения расхода топлива, чем единоразовое включение двигательной установки, необходимое для управляемого возвращения КА. В течение 80-х и в начале 90-х годов бывший Советский Союз использовал близкие к круговым орбиты с высотой 900-1000 километров для удаления 31 своего источника ядерной энергии. Руководящие принципы НАСА требуют переводить отработавшие КА на орбиту захоронения с перигеем выше 2500 км и высотой апогея менее 35 288 км (500 км ниже высоты геостационарной орбиты).

29. При запусках на эллиптическую геостационарную переходную орбиту (ГПО) соображениями, которые следует принимать во внимание для удаления верхних ступеней ракеты, являются дата запуска, азимут старта и перигей траектории разгонного блока. В случае систем с многоразовым включением двигателей увод отработавших космических объектов в океан на практике может быть обеспечен посредством включения двигателей для создания импульса тяги в апогее траектории с дополнительной скоростью в несколько метров в секунду, если аккумуляторная батарея ступеней имеет достаточный ресурс и если ступень оснащена системой пространственной ориентации.

30. Кроме того, запуск на ГПО рекомендуется осуществлять в определенные даты и время суток, что позволяет скорректировать орбиту разгонного блока таким образом, чтобы перигей траектории этой ступени не понижался или повышался под воздействием естественных сил, например, под воздействием Солнца, Луны и Земли. Учет воздействия этих сил может помочь свести к минимуму затраты на активное управление ступенями, работающими на жидком топливе, а также представляет собой недорогой метод увода с орбиты твердотопливных разгонных блоков. Единственным альтернативным методом увода с орбиты твердотопливных ракетных двигателей является ориентация вектора тяги ракетного двигателя в таком направлении, чтобы перигей переходной орбиты в результате включения двигателя оказался на достаточно низкой высоте, с тем чтобы ступень в конечном итоге возвратилась в атмосферу (операция, которая иногда называется "импульс тяги со смещением оси"). При использовании этого метода проигрыш в летно-технических характеристиках ступени составляет около 15 процентов.

31. Меры, принимаемые в рамках программ НАСДА, представляются недорогими и уже доказали свою высокую эффективность. Например, за счет применения операции по спуску с орбиты

срок нахождения на орбите второй ступени ракеты-носителя Н-П спутника ETS-IV (1994-056B) был сокращен приблизительно до семи месяцев.

В. Геостационарная орбита

32. Число спутников на геостационарной орбите (ГСО) продолжает расти. Поскольку сопротивление атмосферы на такой высоте перестает сказываться, объекты, оставленные на этой орбите, не покидают данной зоны, что создает угрозу для других спутников, которая проявляется как в опасности столкновения с действующими спутниками, так и в угрозе случайного взрыва, который может привести к образованию огромного количества небольших частиц космического мусора. В настоящее время использование орбит захоронения является единственным технически осуществимым методом расчистки зоны ГСО. Однако это требует планирования и резервирования необходимого количества топлива для выполнения соответствующих маневров. Предварительные исследования указывают на то, что для целей захоронения высоту орбиты необходимо повысить приблизительно на 300 км, а не 40-70 км, как это делали некоторые операторы. Потеря в летно-технических характеристиках, связанная с уводом космического объекта на другие орбиты, составляет 3,64 м/с на каждые 100 км или 1,69 кг топлива на каждые 1000 кг массы космического аппарата. Повышение траектории обращения космической станции на 300 км требует расхода топлива, которого хватило бы на три месяца работы станции.

33. Исследовательская группа 4 Бюро по радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ), в работе которой участвуют многие операторы спутников, поддержала рекомендацию о том, чтобы все геосинхронные орбитальные спутники выводились в конце срока эксплуатации на орбиту, высота которой не менее чем на 300 км превышает высоту геостационарной орбиты, и чтобы космические аппараты пассивировались путем сжигания любых остатков топлива и газов и приведения аккумуляторных батарей в безопасное состояние.

34. Международная организация спутниковой связи (ИНТЕЛСАТ) по своей инициативе ввела в свою практику меры и процедуры, призванные надлежащим образом выводить из эксплуатации "отработавшие" спутники и предотвращать образование космического мусора. В настоящее время в связи с выводом из эксплуатации спутников применяются следующие меры и процедуры:

а) При выводе из эксплуатации все спутники переводятся в безопасное, инертное состояние. Это включает сжигание топлива и дренирование топлива из топливных систем в рамках маневра по переходу на более высокую орбиту, разрядку электрических батарей и отключение всех радиочастотных приборов, с тем чтобы исключить создание помех для владельцев/операторов других спутников.

б) В случае спутников старой конструкции резервируется достаточное количество топлива для перевода их на более высокую орбиту захоронения, которая должна проходить не менее чем на 150 км выше ГСО. Обычно этот маневр производится в несколько этапов в течение нескольких дней, с тем чтобы гарантировать надежный выход на переходную орбиту. Для более новых спутников, начиная со спутника ИНТЕЛСАТ VI, требуется повышение орбиты не менее чем на 300 км. В виду того, что ИНТЕЛСАТ планирует резерв топлива с запасом, используемые ею орбиты захоронения как правило превышают эту установленную высоту.

35. Франция в добровольном порядке решила ввести практику перевода геостационарных спутников после окончания срока их эксплуатации с используемой орбиты, с тем чтобы разгрузить ее. Принятое решение предусматривает перевод спутников, которые завершили программу своей работы, на орбиту, расположенную на 300 км выше геостационарной орбиты. КНЕС, на котором лежит обязанность следить за количеством национальных спутников, находящихся на орбите, уже применял эту практику в ряде случаев. В сентябре 1992 года на более высокую орбиту был переведен спутник связи Telecom 1A, в начале 1996 года за ним последовал спутник Telecom 1C, а затем - спутник прямого телевизионного вещания TDF 1.

36. Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы, НАСА и некоторые программы министерства обороны Соединенных Штатов Америки регулярно выводят свои спутники, которые вышли из эксплуатации, на орбиты выше ГСО с целью предотвращения образования дополнительного мусора в результате непреднамеренных столкновений с другими дрейфующими спутниками и освобождения ценных окон на орбите.

37. Технология увода космических аппаратов Российской Федерации с ГСО по истечении срока их активной эксплуатации основывается на использовании оставшегося топлива (для спутников серии "Стационар-Д", "Экран-М" и "Горизонт") и создании необходимого резерва дополнительного топлива для того, чтобы можно было повысить среднюю высоту орбиты на 200 км (для новых типов космических аппаратов).

38. К настоящему времени на другие орбиты переведены следующие геостационарные спутники ЕКА: OTS-2 (обращается по орбите на 318 км выше ГСО), GEOS-2 (260 км), "Метеосат-2" (334 км), ECS-2 (335 км) и "Олимпус-1" (вследствие неисправности оставлен на орбите, расположенной на 213 км ниже ГСО).

39. Для оценки того, какую высоту орбиты для захоронения геостационарных космических аппаратов следует считать оптимальной, в Японии было проведено изучение долгосрочных возмущений орбит. Полученный в результате показатель минимального удаления от ГСО является практически таким же, что и показатель, рекомендованный как МСЭ, так и Кодом-Q НАСА, т.е. около 300 км. В настоящее время НАСДА требует повышения орбиты не менее чем на 150 км, а целевым удалением является 500 км. На практике же, чтобы устранить влияние возможных ошибок измерительных систем, вышедшие из эксплуатации космические аппараты зачастую выводятся на более высокие орбиты, чем это требуется.

IV. ЭКРАННАЯ ЗАЩИТА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

40. Единственным средством защиты на случай столкновения с небольшими частицами космического мусора, которые невозможно отследить с Земли, является оснащение космических аппаратов защитными экранами. Международная космическая станция (МКС) оснащена экранной защитой, которая может выдержать столкновение с частицей размером в 1 см. МТКК "Спейс шаттл" не проектировался с учетом орбитальной замусоренности, но впоследствии был модифицирован, что повысило его прочность и пригодность для полетов по обеспечению сборки и обслуживания МКС.

41. На нынешние полеты МТКК "Шаттл" распространяется летное правило A2.1.3.-32, которое предписывает сводить к минимуму время, когда грузовой отсек корабля обращен вперед или сам корабль обращен носом вперед или когда грузовой отсек корабля открыт или обращен к зениту, поскольку эти положения являются наиболее уязвимыми. Ориентация корабля, когда его грузовой отсек повернут к Земле, а его корма обращена в направлении движения, обеспечивает ему наибольшую защиту. Относительная вероятность повреждения космического корабля в случае, если он занимает наихудшее и наилучшее положение, составляет 20. Поверхность орбитального корабля подвергается многочисленным ударам, так что за каждый полет приходится заменять в среднем одно "окно".

42. Для обеспечения требуемой надежности МКС (максимальная 10-процентная вероятность пробоя за 10 лет) используются различные конструктивные варианты экранного покрытия для защиты целого ряда важнейших компонентов. Более прочные покрытия устанавливаются на носовые поверхности, которые, как предполагается, наиболее часто подвергаются ударам, а менее прочными покрытиями оснащаются кормовая часть корабля и поверхности, обращенные к надиру, которые, как считается, реже подвергаются ударам. Экранные покрытия для МКС должны не только обладать способностью выдерживать удары в результате номинальных столкновений, но и быть легкими, компактными (помещаться в грузовой отсек МТКК "Спейс шаттл") и обладать длительной прочностью в условиях космической среды. МКС проектируется также с учетом возможности будущего усиления экранной защиты на случай повышения угрозы столкновений или продления срока эксплуатации станции.

43. Разработано более 100 видов различных покрытий для защиты важнейших компонентов МКС, хотя все эти разработки являются модификациями трех базовых типов защитных экранов: бампер "Уиппл"; экран, устойчивый к многочисленным столкновениям (или композиционный экран "Уиппл"), и экран, представляющий собой двойной сетчатый бампер. Бампер "Уиппл", простейший из защитных покрытий, представляет собой цельную пластину (как правило изготавливаемую из алюминия), которая называется бампером и которая удалена на некоторое расстояние от основной стенки модуля (часто называемой уловителем). Роль бампера состоит в том, чтобы разрушить, расплавить или испарить при столкновении объект, движущийся с высокой скоростью. Более мелкие замедлившие свое движение осколки этого объекта затем проникают в пространство между бампером и уловителем и распределяют оставшуюся от столкновения энергию на большей площади поверхности уловителя. Эта конструкция изучалась в экспериментальных условиях на протяжении более 50 лет. Бампер "Уиппл" является наиболее эффективным при столкновениях на высоких скоростях.

44. Композиционный бампер "Уиппл" состоит из внешнего бампера, уловителя и одного или нескольких промежуточных слоев материала, расположенных на некотором расстоянии между бампером и уловителем и призванных обеспечить дополнительное торможение и распределение энергии объекта при столкновении. Такая компоновка позволяет повысить защитные качества покрытия по сравнению со стандартной конструкцией и, благодаря изготовлению бампера из определенных материалов (например нектеля), уменьшить выброс вторичных осколков при столкновении. Нынешняя конструкция экранной защиты МКС предусматривает использование внешнего бампера из алюминия, после чего помещается шесть слоев нектеля и шесть слоев кевлара. Стенка модуля выступает в роли уловителя. Двойной сетчатый бампер представляет собой новейшую конструкцию НАСА, являющуюся модификацией бампера "Уиппл". Разработанный в начале 90-х годов этот экран оснащен металлическим сетчатым гасителем скорости, который устанавливается перед каждым из двух бамперов. Эта конструкция также позволяет значительно повысить защитные качества покрытия по сравнению со стандартным бампером "Уиппл".

45. В обозримом будущем нерусский экипаж МКС будет использовать скафандр для работы в открытом космосе, которым в настоящее время пользуются астронавты в "Спейс шаттле". Этот скафандр изготовлен из защитной многослойной ткани и имеет единый уплотнительный манжет, которые совместно обеспечивают герметичность и определенную степень защиты от предельных космических температур, а также от метеоритов и частиц космического мусора. Запасной кислородный блок способен обеспечивать дополнительную подачу кислорода в течение не менее 30 минут в случае, если в скафандре образуется отверстие диаметром до 4 мм. На случай других отказов в работе, вызванных столкновениями с космическими объектами, предусмотрен целый ряд аварийных спасательных методов. Как показывает анализ, на пробой мягких элементов скафандра (т.е., перчаток и элементов, защищающих руки и ноги) приходится более 75 процентов риска. В рамках программы МКС рассматривается возможность дополнительной защиты рук и ног с помощью съемных рукавиц и "бахил" для уменьшения такой опасности.

46. Для защиты от имеющегося космического мусора канадского спутника "Радарсат", успешно запущенного 4 ноября 1995 года, были приняты специальные меры. Это было сделано с целью обеспечить в максимально возможной степени, чтобы в результате столкновения с космическим мусором этот спутник сам преждевременно не превратился в космический мусор. На основе использования базы данных НАСА ENVIRONET было проведено определение среды космического мусора, в которой окажется "Радарсат". Затем были проверены отдельные узлы этого космического аппарата для определения степени их уязвимости под воздействием прогнозируемой среды. Эта оценка уязвимости производилась на основе использования уравнений, описывающих столкновения на гиперзвуковых скоростях, а также проведения в Космическом центре НАСА им. Джонсона практических испытаний конструктивных элементов космического аппарата на удар при гиперзвуковых скоростях. Там, где это требовалось, на космический аппарата была установлена экранная защита, чтобы обеспечить приемлемый уровень его живучести. Усиление защитных свойств достигалось за счет добавления нектеля (специальной ткани из керамического волокна) в теплозащитное покрытие, установки противоударных экранов перед внешними гидразиновыми трубопроводами и жгутами электрических проводов и утолщения корпусов некоторых технических отсеков для защиты помещенных в них сетей.

V. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ

47. В процессе планирования запусков в Соединенных Штатах учитываются также прогнозы в рамках программы предотвращения столкновений, цель которых состоит в том, чтобы еще до запуска пилотируемых космических аппаратов или аппаратов, пригодных для пилотирования, предостеречь об опасности потенциальных столкновений или ситуаций, близких к столкновениям. Эта процедура, проводимая на Восточном испытательном полигоне Соединенных Штатов, предусматривает в случае пилотируемых полетов наличие зазора в 200 км вдоль орбиты и 50 км по радиусу траектории орбитального корабля и в стороны от него. Если в ходе этой процедуры выявляется возможность столкновения, запуск задерживается на две минуты.

48. На пилотируемые полеты МТКК Соединенных Штатов "Спейс шаттл" распространяется полетное правило А4.1.3.-6, которое касается предотвращения столкновений с орбитальным мусором. Центр управления космическими полетами (ЦУКП) космического командования Вооруженных сил Соединенных Штатов Америки применяет компьютерную программу, которая позволяет производить анализ полета "Шаттла" на предстоящие 36 часов для определения возможности его сближения с засекаемыми космическими объектами в радиусе 100 км вокруг орбитального корабля. Если оказывается, что какой-либо объект, согласно прогнозу, появляется в опасной зоне возле орбитального корабля (25 км вдоль орбиты и 5 км по радиусу траектории и в стороны от корабля), то в Сеть станций космических наблюдений направляется запрос произвести дополнительные наблюдения и использовать их для расчета более точной траектории этого объекта. Если уточненный прогноз подтверждает прохождение объекта через зону маневра для предотвращения столкновения (5 км вдоль орбиты и 2 км по радиусу траектории и в стороны от орбитального корабля), то производится оценка необходимости осуществления такого маневра. В случае проведения маневра, его расчетные показатели составляют 0,3 метра в секунду при расходе топлива в количестве 12-20 кг. За период с 1986 года в восьми случаях, когда в зону предотвращения столкновения попадали орбитальные объекты, было проведено три таких маневра. В других случаях цели программы исключали возможность маневра или расчетная траектория указывала на то, что в нем нет необходимости.

49. В связи с доставкой экипажа НАСА на орбитальную станцию "Мир" для длительного пребывания в космосе была разработана процедура предоставления консультаций Российскому центру управления полетами (ЦУП) в Королеве под Москвой, подобно тому, как это делается в случае МТКК "Шаттл". Когда ЦУКП считает, что необходимо дать соответствующую рекомендацию, переносной компьютер подключается к ближайшей телефонной линии для выхода в сеть Интернет и факсимильной связи с ЦУП, после чего направляется предостерегающее сообщение. Со времени введения этой процедуры было предоставлено пять консультаций. Поскольку станция "Мир" не в состоянии маневрировать, единственное, что может сделать экипаж, это принять меры предосторожности. 15 сентября 1997 года экипаж станции "Мир" перебрался в возвращаемый модуль "Союз" во время предсказанного сближения с спутником Соединенных Штатов MSTI 2 (1994-028A). Применение этой процедуры дало возможность получить представление о том, что необходимо будет сделать для будущей МКС. Если в отношении международной космической станции будут применяться те же критерии, что и для "Шаттл", то, согласно оценке, МКС будет ежегодно сближаться с 16 орбитальными предметами.

Примечания

Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят вторая сессия, Дополнение № 2 (A/52/20), пункт 85.