



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/593/Add.2*

6 February 1995

ORIGINAL: RUSSIAN

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО
ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВ С ЯДЕРНЫМИ
ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

ПРОБЛЕМЫ СТОЛКНОВЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
С КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ

Записка Секретариата

Добавление

1. Генеральный секретарь направил вербальную ноту от 13 июля 1994 года в адрес всех государств-членов, предлагая им представить информацию о проводимых национальных исследованиях по проблемам космического мусора, безопасности спутников с ядерными источниками энергии и столкновений летательных аппаратов с ядерными источниками энергии на борту с космическим мусором.
2. В настоящем документе содержится информация, представленная в ответах, полученных от государств-членов в период с 13 января по 2 февраля 1995 года.

СОДЕРЖАНИЕ

Страница

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ	2
Российская Федерация	2

*Настоящий документ официально не редактировался.

ОТВЕТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ОТ ГОСУДАРСТВ-ЧЛЕНОВ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

[Подлинный текст на русском языке]

А. Анализ выполнения требований принципов, касающихся использования ядерных источников энергии в космическом пространстве

Современное состояние проблемы обеспечения безопасности ядерных источников энергии (ЯИЭ) для космических аппаратов (КА) характеризуется следующим:

1. опытом разработки и внедрением систем обеспечения безопасности реакторных ЯИЭ низкоорбитальных КА в виде систем аэродинамического и взрывного диспергирования в качестве дублирующих к основной системе увода на орбиту длительного существования;
2. опытом разработки и внедрением специальных элементов конструкции (теплозащита, теплоизоляция, противоударные устройства) радиоизотопных ЯИЭ, обеспечивающих безопасность для любых КА при нормальной эксплуатации и в условиях возможных аварийных ситуаций;
3. принятием международных принципов, касающихся использования ЯИЭ в космосе, отражающих накопленный опыт решения проблем безопасности реакторных и радиоизотопных ЯИЭ, содержащих комплекс технических требований и положений о юридической ответственности;
4. пониманием проблем обеспечения безопасности ЯИЭ с учетом последствий возможного столкновения с космическим мусором при нахождении ЯИЭ на орбитах длительного существования (захоронения) после увода для низкоорбитальных КА или после вывода из эксплуатации для высокоорбитальных КА;
5. имеющимися предварительными разработками перспективных систем, обеспечивающих ядерную и радиационную безопасность реакторных ЯИЭ в условиях аварийных ситуаций;
6. изменением структуры государственных органов страны, принимающих решение о запуске КА с ЯИЭ, о составе документов, регламентирующих безопасность космических ЯИЭ;
7. начинающимся международным сотрудничеством и расширением числа участников разработок ЯИЭ, особенно на коммерческой основе, и связанная с этим возможная неадекватность технической документации, представляемой в обоснование безопасности ЯИЭ при эксплуатации и в аварийных ситуациях.

Проблемы обеспечения безопасности космических ЯИЭ нашли в стране достаточные по требованиям безопасности и приемлемые по конструкторскому и технологическому воплощению технические решения, которые реализованы предприятиями-разработчиками ЯИЭ совместно с другими предприятиями-соисполнителями и которые признаны международным сообществом.

Дальнейшие перспективные разработки космических ЯИЭ предполагают расширение типов ЯИЭ и одновременно обоснованный выбор оптимальных направлений решения проблемы безопасности.

Принципы, касающиеся использования ЯИЭ в космическом пространстве, разрабатывались на сессиях Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях и на сессиях двух его подкомитетов: Научно-технического и Юридического в течение 1979-1992 годов.

На сессии Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях в 1992 году был принят консенсусом свод принципов и представлен на утверждение Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций.

Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций в своей резолюции 47/68 от 14 декабря 1992 года одобрила Принципы, касающиеся использования ЯИЭ в космическом пространстве.

Из всех 11 принципов свода техническую направленность в полной мере имеют:

принцип 3. Руководящие принципы и критерии безопасного использования;

принцип 4. Оценка безопасности;

принцип 5. Уведомление о возвращении;

и в меньшей степени:

преамбула;

принцип 2. Использование терминов;

принцип 6. Консультации;

принцип 7. Помощь государствам.

Из всего пакета принятых принципов к проблеме безопасности космических ЯИЭ имеют отношение преамбула и принципы 2, 3, 4, 5, 6 и 7, отражающие технические аспекты безопасности.

Преамбула отражает актуальность применения ЯИЭ в космосе, нераспространение принципов на ядерные ракетные двигатели и на ЯИЭ, предназначенные для питания электрореактивных двигателей, распространение принципов на ЯИЭ, аналогичных используемым в настоящее время.

Принцип 3 - "Руководящие принципы и критерии безопасного использования" - является главным и содержит общие цели в отношении радиационной защиты и ядерной безопасности, требования к реакторам и радиоизотопным генераторам.

Таким образом, принятые принципы регламентируют требования по обеспечению безопасности ЯИЭ при эксплуатации в составе КА и определяют объем информации, публикуемой до запуска и особенно при аварийных ситуациях на КА с ЯИЭ на борту.

Проблемы обеспечения безопасного использования космических ЯИЭ связаны с ограничением радиологического воздействия на население и окружающую среду (пункт 1 принципа 3) в условиях нормальной эксплуатации ЯИЭ на этапах наземной подготовки, запуска в составе ракеты-носителя и КА, вывода КА на расчетную рабочую орбиту, выработки ресурса в составе КА на орбите, прекращения активного существования КА с ЯИЭ на орбите, а также в условиях возможных и предвидимых аварийных ситуациях на всех этапах эксплуатации ЯИЭ.

Проблемы обеспечения безопасного использования космических ЯИЭ поставлены на международном уровне, расшифрованы по дозам радиационного воздействия на основе современных рекомендаций МКРЗ, которые были учтены при разработках и запусках ЯИЭ в нашей стране и отражены в национальных регламентирующих документах.

Требования к методам и средствам обеспечения безопасности используемых космических ЯИЭ обуславливаются положениями принципа 3 и предусматриваются для высокоорбитальных и низкоорбитальных КА с реакторными ЯИЭ, для КА с радиоизотопными генераторами (пункты 2 и 3 принципа 3).

Основными требованиями для любых реакторных ЯИЭ являются:

1. использование урана с высоким обогащением (более 90 процентов) по урану-235 для исключения накопления плутония-239 (пункт 2(с) принципа 3).
2. Вывод реактора на мощность после достижения расчетной рабочей орбиты (пункт 2(d) принципа 3) при допустимости физических пусков реактора до запуска КА для проверки органов регулирования реактора (последняя фраза пункта 3 принципа 2), что реализуется на практике при ограничении энерговыделения, например, на уровне 20 Втч.
3. Обеспечение подкритичности реактора после падения в результате аварий с ракетой-носителем и КА на участке выведения на расчетную рабочую орбиту (пункт 2(e) принципа 3).

Выбор времени пассивного существования и высоты орбиты увода в зависимости от баллистического коэффициента при уводе ЯИЭ для низкоорбитальных КА и рабочей орбиты для высокоорбитальных КА определяется по спаду накопленной активности в реакторе до допустимого уровня и с учетом радиационных последствий столкновения КА с космическим мусором (пункт 2(b) принципа 3). За допустимый уровень может быть принята альфа-активность урана-234, урана-235, урана-238 в реакторе и бета-активность незначительного количества продуктов деления изотопов урана.

Для низкоорбитальных КА с ЯИЭ обязательным является применение системы увода ЯИЭ (пункт 2(a), подпункт iii принципа 3) с высокой надежностью (пункт 2(f) принципа 3). При отказе увода ЯИЭ с реактором правомерно использование систем диспергирования реактора, имеющих также высокую надежность (пункт 2(f) принципа 3) и обеспечивающих уровни загрязнения на территории выпадений с допустимыми дозами облучения (пункт 1(с), абзац 2, принципа 3).

Для радиоизотопных ЯИЭ допускается использование в межпланетных полетах и на околоземных орбитах (пункт 3(a) принципа 3). Радиоизотопные ЯИЭ должны иметь теплозащиту и теплоизоляцию, обеспечивающие целостность ампул с радиоизотопом при спуске в атмосфере после входа с первой и второй космическими скоростями (пункт 3(b) принципа 3). При ударе о поверхность Земли обеспечивается с необходимой надежностью отсутствие выброса радиоизотопа в окружающую среду и выполнение мероприятий по поиску ЯИЭ, изъятию ЯИЭ и ликвидации последствий (пункт 3(b) принципа 3).

Указанные требования практически полностью совпадают с требованиями национальных правил, с учетом которых проектировались и эксплуатировались в космосе радиоизотопные ЯИЭ и ЯИЭ с реакторами на быстрых и тепловых нейтронах, а также выполняются проектные разработки перспективных ЯИЭ.

Вероятностный анализ потенциально серьезных радиологических последствий (третий абзац преамбулы свода принципов), проведенный для конкретной энергоустановки в зависимости от назначения и программы полета КА с использованием сочетания различных методов и средств обеспечения безопасности ЯИЭ, позволит подтвердить и обосновать минимальную степень риска запуска ЯИЭ. Такой вероятностный анализ также позволит подготовить и опубликовать в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в соответствии с принципом 4 итоговый отчет по безопасности ЯИЭ.

Содержание публикуемой оценки безопасности ЯИЭ должно представить сведения о запуске КА с ЯИЭ, описание ЯИЭ и подтверждение выполнения положений принятых принципов, касающихся использования ЯИЭ в космосе, в основном требований принципа 3.

Содержание оценки безопасности не должно раскрывать данных, связанных с обеспечением безопасности страны, а также данных, имеющих отношение к собственности.

Оценка безопасности должна содержать следующее:

- информацию о запуске КА с ЯИЭ;
- описание ЯИЭ;
- соответствие положений принципов и требований национальных регламентирующих документов, принятых при разработке и создании ЯИЭ;
- данные об элементах конструкции и системах, обеспечивающих безопасность ЯИЭ при нормальной эксплуатации и в условиях аварийных ситуаций на всех этапах эксплуатации;
- анализ возможных аварийных ситуаций и параметров воздействия на ЯИЭ условий аварий;
- состояние нагружаемых элементов конструкции ЯИЭ и систем, ответственных за обеспечение безопасности ЯИЭ в условиях аварий;
- данные о радиационной обстановке и возможных дозах облучения при нормальной эксплуатации КА с ЯИЭ и после воздействия условий аварий;
- расчетно-теоретическое и экспериментальное обоснование эффективности систем безопасности и элементов конструкции ЯИЭ в условиях аварий;
- подтверждение надежности систем безопасности и элементов конструкции ЯИЭ при испытании макетных образцов ЯИЭ;
- риск радиологического и химического загрязнения окружающей среды при возникновении аварий с учетом вероятности аварийных ситуаций, вероятности реализации параметров воздействия аварий, надежности систем безопасности и элементов конструкции ЯИЭ, ответственных за безопасность;
- комплекс организационно-технических мероприятий по ликвидации последствий аварий, включая прогнозирование района падения, поиск и обнаружение, изъятие ЯИЭ и его частей с места падения, выполнение при необходимости дезактивационных работ.

В описании ЯИЭ целесообразно сообщить наиболее полные данные о мощности, ресурсе, конструкции, содержании радиоактивных и токсичных материалов, что предотвратит возможные некомпетентные выступления и будет способствовать объективным оценкам со стороны независимых экспертов.

МАГАТЭ, принимая участие в сессиях Научно-технического и Юридического подкомитетов Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях при обсуждении принципов использования ЯИЭ в космосе, разработало в течение 1992-1994 годов специальный документ "Чрезвычайное планирование и готовность на случай возвращения спутника с ядерной установкой", имеющий информационный и рекомендательный характер. Документ МАГАТЭ и возможные действия МАГАТЭ при аварии КА с ЯИЭ, согласованные с запускающим государством и странами, имеющими соответствующий технический потенциал, могут обеспечить формирование четкой информации об аварии, подготовку единых скоординированных мероприятий по прогнозированию развития ситуации, по предупреждению и ликвидации последствий.

В. Столкновения ядерных источников энергии с космическим мусором

Принимая во внимание мнение Подкомитета о необходимости подробных исследований по проблеме столкновений ядерных источников энергии (ЯИЭ) с космическим мусором и публикации результатов таких исследований, Российская Федерация продолжает ежегодно представлять рабочий документ с результатами расчетных работ, выполненных по этой проблеме в рамках общей программы исследований по безопасности космических ЯИЭ.

В данном рабочем документе приведены результаты выполненных в 1994 году расчетных исследований с использованием компьютерных программ двумерного моделирования процесса разрушения при столкновении с космическим мусором реакторных ЯИЭ, запущенных в космос в 1970-1988 годах и находящихся на орбитах 700-1 000 км.

Рассматриваются столкновения с космическим мусором реакторного ЯИЭ массой 1 250 кг и размерами: диаметр 1,3 м, длина 5,7 м, включающего реактор, радиационную защиту, холодильник - излучатель жидкометаллического контура, термоэлектрогенератор, систему увода и другие агрегаты. Анализируются столкновения с космическим мусором, размеры и масса которого способны создать при столкновении с реакторным ЯИЭ достаточный тормозной импульс, который приведет к существенному изменению траекторных параметров полета ЯИЭ и преждевременному сходу с начальной орбиты полета, предшествовавшей столкновению.

Проанализированы скорости столкновения, углы столкновения и размеры (масса) космического мусора, при которых реализуется одно из двух условий:

- разрушение 10 процентов массы реакторного ЯИЭ до мелких осколков;
- сокращение времени существования ЯИЭ на орбите за счет тормозного импульса до 30-50 лет (продолжительность практически полного распада наведенной в конструкции реактора активности).

Расчеты показали, что наиболее вероятная относительная скорость соударения для принятых условий составляет 11,7 км/с. Наиболее вероятный азимут столкновения в местной горизонтальной плоскости составляет 8° и 84°. Граничный размер космического мусора составит для алюминия более 3-8,5 см и для стали - 2-6 см в зависимости от точки приложения удара на конструкции реакторного ЯИЭ.

Предварительные расчеты радиационных последствий столкновения реакторных ЯИЭ с космическим мусором указанных размеров показали, что реализуется аэродинамическое разрушение топлива (уран-235) реактора на высотах 60-40 км и возможны выпадения частично разрушенных стальных элементов конструкции реактора и бериллиевого отражателя.

Для оценки вероятности столкновения реакторных ЯИЭ с космическим мусором проведен анализ высотно-широтного распределения каталогизированного космического мусора и выбрана методика расчета распределения некаталогизированного космического мусора в диапазоне размеров 0,5-15 см. Используя расчетный прогноз роста космического мусора в будущем при двух значениях коэффициента технической политики в космосе 0,1 и 0,4 (коэффициент технической политики принят равным 1 за 1960-1993 годы), оценены вероятности столкновения реакторного ЯИЭ, находящегося на круговой орбите 950 км с углом наклона 65°. Вероятность столкновения с космическим мусором размерами более 0,5 см составит 1 примерно за 75 лет при коэффициенте технической политики 0,1 и за 55 лет при коэффициенте технической политики 0,4.

Удельная вероятность столкновения на орбите 950 км с углом наклона 65° в 1993 году составила $3,4 \times 10^{-4}$ 1/м² x год для космического мусора размерами более 0,5 см и $1,3 \times 10^{-6}$ 1/м² x год для космического мусора размерами более 15 см. Это показывает возможность прогнозирования существенно меньшей вероятности столкновения ЯИЭ с космическим мусором крупных размеров (более указанных граничных размеров) и формирования тормозного импульса, достаточного для сокращения времени существования в космосе запущенных реакторных ЯИЭ.

Исследования взаимодействия космического мусора с ЯИЭ при столкновении (вероятности, скорости, углы столкновения, разрушение ЯИЭ при столкновении) и последствий такого взаимодействия (времена существования обломков ЯИЭ после удара или поврежденных ЯИЭ до момента входа в атмосферу, сгорание в атмосфере, выпадения частиц материалов ЯИЭ или частично разрушенных элементов ЯИЭ) требуют значительных по объему вычислительных работ и решаются с учетом конкретной конструкции ЯИЭ и реальных траекторных параметров полета.