

Distr.: Limited
30 November 2005

Original: Russian

**Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях**

Научно-технический подкомитет

Сорок третья сессия

Вена, 20 февраля – 3 марта 2006 года

Пункт 9 предварительной повестки дня*

**Использование ядерных источников энергии
в космическом пространстве**

**Совместный технический практикум Организации
Объединенных Наций/МАГАТЭ по целям, сфере охвата
и общим параметрам возможных технических норм
безопасности использования ядерных источников
энергии в космическом пространстве
(Вена, 20–22 февраля 2006 года)**

**Рабочий документ, представленный Российской
Федерацией: соображения, касающиеся безопасности
конструкций, применительно к запуску, штатной
эксплуатации и авариям аппарата (включая конкретные
подходы к проектированию для обеспечения
безопасности и уменьшения риска с учетом
прогнозируемых условий окружающей среды)**

Записка Секретариата

1. В соответствии с пунктом [16] резолюции A/RES/60 [...] Генеральной Ассамблеи Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях (КОПУОС) организует совместно с Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) технический практикум по целям, сфере охвата и общим параметрам возможных технических

* A/AC.105/C.1/L.283.



норм безопасности использования ядерных источников энергии в космическом пространстве, который будет проведен 20–22 февраля 2006 года.

2. В приложении I к настоящему документу содержится документ, подготовленный для совместного технического практикума в соответствии с ориентировочным графиком работы по организации практикума, который был согласован Рабочей группой по использованию ядерных источников энергии в космическом пространстве в ходе межсессионного совещания, проведенного в Вене 13–15 июня 2005 года¹.

¹ A/AC.105/L.260

Приложение I

Рабочий документ, представленный Российской Федерацией*

Соображения, касающиеся безопасности конструкций, применительно к запуску, штатной эксплуатации и авариям аппарата (включая конкретные подходы к проектированию для обеспечения безопасности и уменьшения риска с учетом прогнозируемых условий окружающей среды)

I. Чрезвычайные ситуации для космических аппаратов с ядерными источниками энергии

1. Чрезвычайные ситуации при запуске и эксплуатации космического аппарата (КА) с реакторными и радиоизотопными ядерными источниками энергии (ЯИЭ) являются следствием аварий, возникающих при отказах ракеты-носителя (РН) и КА при старте, на участке полета РН, на участке доразгона КА на рабочую орбиту или на межпланетную траекторию полета КА.

2. На участке выведения ЯИЭ в составе РН и КА рассматриваются следующие аварии на старте и на участке полета РН:

a) опрокидывание "сухого" и заправленного компонентами топлива РН со стартового стола до момента пуска РН, подъем и падение РН после пуска вследствие неравномерной тяги двигателей первой ступени РН;

b) отказы первой ступени РН (самопроизвольное выключение двигателей) до момента срабатывания команды "Авария" и отсечки двигателей;

c) отказы первой ступени РН с отсечкой двигателей по команде "Авария";

d) отказ в сбросе отделяемой части первой ступени РН и невключение двигателей второй ступени РН, сброс отделяемой части первой ступени РН и невключение двигателей второй ступени РН;

e) отказ второй ступени РН с отсечкой двигателей до момента сброса головного обтекателя (ГО) РН и после сброса ГО РН;

f) аналогичные отказы при работе второй и последующих ступеней РН;

g) взрыв РН (давление взрывной волны и обстрел обломками) на старте, на траектории полета и при падении на поверхность Земли после отсечки двигателей;

* Настоящий текст представляется в том виде, в каком он был получен, и не подвергался официальному редактированию.

h) пожар на РН (температура пламени при горении компонентов топлива, продолжительность горения, изменение температуры пламени во времени);

i) химическое воздействие компонентов топлива РН и КА.

3. На участке доразгона КА с ЯИЭ при работе разгонного блока (РБ) после отделения от РН рассматриваются отказы с выключением двигателей РБ и/или двигательной установки КА на различных секундах полета, отказы в системах ориентации и стабилизации КА.

4. Анализ последствий таких аварий выполняется на основе расчетных и аналитических исследований с целью определения параметров воздействия аварий на конструкцию ЯИЭ с учетом разрушения конструкции РН и КА, что изменяет состав падающего объекта при баллистическом падении РН и при орбитальном входе КА с ЯИЭ в атмосферу Земли.

5. В результате указанных аварий для реакторных ЯИЭ реализуется падение "холодного", неактивированного реактора (частично разрушенного реактора, разрушенного до отдельных тепловыделяющих сборок или до активной зоны) в состоянии заданной подкритичности, а также возможно фрагментов и частиц ядерного топлива после аэродинамического разрушения и диспергирования.

6. При штатной эксплуатации реакторных ЯИЭ в составе КА чрезвычайные ситуации связаны с маловероятными отказами в системах ЯИЭ, сопровождающимися разгерметизацией жидкометаллического контура реактора, потерей части теплоносителя, плавлением (термическим разрушением) ядерного топлива и выбросом активности в космическое пространство.

7. После вывода ЯИЭ из эксплуатации и при длительном нахождении в космосе на достаточно высоких орбитах чрезвычайные ситуации могут возникнуть только в случае столкновения КА и ЯИЭ с фрагментом космического мусора, в результате которого может реализоваться разрушение реактора для реакторного ЯИЭ или ампулы с радионуклидом для радиоизотопного ЯИЭ с выбросом радиоактивности в космическое пространство или преждевременный сход КА с ЯИЭ (или автономного ЯИЭ) с высокой орбиты и вход в атмосферу Земли.

II. Последствия чрезвычайных ситуаций для космических аппаратов с ядерными источниками энергии

8. Масштабы последствий чрезвычайных ситуаций для КА с ЯИЭ на борту определяются параметрами условий воздействия аварий на конструкцию ЯИЭ при отказах РН, КА и ЯИЭ.

9. Масштабы последствий также зависят от вида ЯИЭ (реакторный или радиоизотопный), для которых применяются два принципиально отличающихся метода обеспечения ядерной и радиационной безопасности при штатной эксплуатации ЯИЭ и в условиях аварий:

а) для радиоизотопных ЯИЭ – сохранение целостности и герметичности ампул с радионуклидом;

б) для реакторных ЯИЭ – обеспечение подкритичности "холодного", неактивированного реактора до вывода КА с ЯИЭ на рабочую орбиту при различном характере деформации и частичного разрушения конструкции реактора, аэродинамического разрушения конструкции реактора, диспергирования ядерного топлива и конструкционных материалов.

10. При взрыве РН формирующаяся ударная волна с давлением, например, 60-80 кг/см² и разлетающиеся обломки конструкции непосредственно не воздействуют на реактор, который экранируется конструкцией КА, ЯИЭ и радиационной защитой. Взрыв РН приведет к разрушению КА, деформации корпуса реактора, отбросу и падению реактора с равновесной скоростью удара о поверхность Земли.

11. Пожар на РН сопровождается воздействием температуры пламени горящих жидких компонентов топлива РН на реактор, на радиационную защиту и на ЯИЭ, изменение которой, например, от 3 600 К до 400 К в течение 4 000 секунд для РН "Протон" приведет к плавлению корпуса реактора, разрушению (плавлению) стальных тонкостенных элементов конструкции реактора, радиационной защиты и ЯИЭ. При пожаре РН не исключается плавление бериллиевых элементов бокового отражателя реактора малой массы с развитой поверхностью, дегидрирование наружного слоя гидроксида лития радиационной защиты с образованием жидкой пленки лития на поверхности конструкции радиационной защиты. Формирование облака частиц (капель) бериллия и лития, являющихся токсичными элементами, может привести к химическому загрязнению в районе падения РН при отсутствии радиоактивности в частицах бериллия и лития. К химическому загрязнению натрий-калием (литием) и цезием приведет разрушение жидкометаллического контура теплоносителя ЯИЭ и цезиевой системы термоэмиссионного реактора-преобразователя. При взрыве РН и пожаре не реализуется разрушение ядерного топлива на основе применяемых высокотемпературных соединений урана. Дополнительная подкритичность реактора может возникнуть за счет дегидрирования наружного слоя замедлителя из гидроксида циркония для реактора на тепловых нейтронах.

12. При отказах на участке полета РН, сопровождающихся отсечкой двигателей РН по команде "Авария", в зависимости от высоты и скорости полета РН, момента сброса ГО РН могут реализоваться:

а) перегрузки, действующие на РН, КА и ЯИЭ, до 10 единиц в продольном направлении и до 6 единиц в поперечном направлении;

б) скорости удара о поверхность Земли 60-260 м/с;

в) механическое и аэродинамическое разрушение конструкции РН, КА, ЯИЭ и наружных элементов конструкции реактора;

г) аэродинамическое разрушение конструкции реактора на быстрых нейтронах до отдельных тепловыделяющих сборок (ТВС) или тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ), а реактора-преобразователя на тепловых нейтронах до активной зоны, содержащей замедлитель из гидроксида циркония и электрогенерирующие каналы (ЭГК) с ядерным топливом.

13. Отказы на участке доразгона КА с ЯИЭ на рабочую орбиту или на межпланетную траекторию полета приведут к орбитальному входу КА в атмосферу, аэродинамическому разрушению конструкции КА на высотах 70–90 км, разрушению конструкции ЯИЭ и наружной конструкции "холодного", неактивированного реактора на высотах 50–60 км. К высоте 35–40 км реализуется практически полное аэродинамическое разрушение реактора на быстрых нейтронах вследствие отсутствия замедлителя из гидридов металлов, а также разрушение конструкции ТВС до отдельных твэлов (ЭГК) или до отдельных частей твэлов (ЭГК), содержащих ядерное топливо из высокотемпературных соединений. Реактор–преобразователь на тепловых нейтронах с замедлителем из гидрида циркония разрушится до активной зоны с дегидрированным наружным слоем замедлителя.

14. Комплексом защитных мероприятий, который вводится в действие в случае подтверждения факта аварийного возвращения КА и ЯИЭ или схода КА и ЯИЭ с высокой орбиты, в соответствии с национальными правилами и международными документами, касающимися использования реакторных и радиоизотопных ЯИЭ в космосе, предусмотрено:

а) слежение за траекторными параметрами спуска объектов, содержащих реактор и радионуклид, с высокой орбиты после столкновения с фрагментом космического мусора;

б) прогнозирование района входа объектов в верхние слои атмосферы и районов падения на поверхности Земли части разрушенной конструкции реактора, отдельных фрагментов реактора и радиоизотопного ЯИЭ;

в) оповещение органов власти о возможной ситуации в районе падения и мерах по выполнению режима радиационной безопасности, включая установление запретной зоны вокруг упавшего объекта и отдельных фрагментов при обнаружении;

г) поиск, обнаружение и удаление объекта и фрагментов с места падения;

д) организация радиационного контроля в месте падения и при необходимости ликвидация радиоактивного загрязнения;

е) обследование и учет лиц из населения, оказавшихся в месте падения объекта и фрагментов, оценка возможных индивидуальных доз облучения и оказание при необходимости помощи населению.

15. Вероятность облучения ионизирующим излучением отдельных лиц из населения при аварийном падении объекта, содержащего реактор и ядерное топливо или ампулу с радионуклидом, после отказов средств выведения КА или столкновения КА и ЯИЭ с фрагментами космического мусора и последующего аэродинамического разрушения конструкции объекта при спуске в атмосфере Земли определяется:

а) вероятностью отказов средств выведения и вероятностью столкновения с фрагментом космического мусора достаточно крупных размеров,

б) вероятностью падения в среду обитания человека, которая может составлять с учетом трассы полета РН и наклона орбиты КА, например, от 0,002 (инфраструктура, система водоснабжения) до 0,03 (система землепользования).

16. Вероятность конечного события, связанного с аварийным падением космического ЯИЭ в среду обитания человека и возможным облучением отдельных лиц из населения, может составить порядка 10^{-5} .
