



**Комитет по использованию космического  
пространства в мирных целях**  
Научно-технический подкомитет  
Пятьдесят восьмая сессия  
Вена, 1–12 февраля 2021 года

**Рабочие материалы по опыту практического  
применения Принципов, касающихся использования  
ядерных источников энергии в космическом  
пространстве, и Рамок обеспечения безопасного  
использования ядерных источников энергии  
в космическом пространстве**

**Рабочий документ, подготовленный Российской Федерацией**

Рабочие материалы подготовлены в соответствии с пунктом 8 доклада Рабочей группы по ядерным источникам энергии (ЯИЭ) ([A/AC.105/C.1/NPS/2019/L.1](#)) для представления на заседаниях Рабочей группы по ядерным источникам энергии Научно-технического подкомитета Комитета Организации Объединенных Наций по использованию космического пространства в мирных целях.

Рабочие материалы подготовлены для реализации целей № 1, 2 многолетнего плана работы Рабочей группы ([A/AC.105/1138](#), приложение II, пункты 8 и 9).

Реализация международных и национальных требований позволяет обеспечивать безопасное использование ядерных источников энергии (ЯИЭ) на всех этапах жизненного цикла космических аппаратов с ними, как при штатной эксплуатации, так и при возникновении аварийных ситуаций. Это позволяет рассматривать использование ЯИЭ в космосе в качестве эффективного средства расширения возможностей человечества для исследования и освоения космического пространства.

В соответствии с рекомендациями Организации Объединенных Наций в Российской Федерации создана система нормативных документов и разработаны технические меры по обеспечению безопасности применения космических аппаратов с ЯИЭ.

Для космических аппаратов, использующих ЯИЭ, одним из ключевых аспектов и неотъемлемым элементом проектирования и применения является безопасность на всех этапах их жизненного цикла. Рамки обеспечения безопасного использования ЯИЭ в космическом пространстве ([A/AC.105/934](#)) (далее — Рамки) предусматривают, что вопросы обеспечения безопасности должны



учитываться уже на самых ранних этапах проектирования ЯИЭ и космических аппаратов на их основе.

В настоящее время реализуется космическая миссия «Экзомарс» — совместная программа российской Госкорпорации «Роскосмос» и Европейского космического агентства по исследованию Марса. По программе осуществлен запуск автоматической межпланетной станции «Экзомарс-2016». В 2020 году запланирован запуск автоматической межпланетной станции «Экзомарс-2020» для доставки на Марс российской поверхностной платформы с европейским марсоходом на борту, которые будут оснащены ЯИЭ — радиоизотопными источниками тепла.

Безусловным требованием безопасного использования радиоизотопных источников энергии (РИЭ) в космическом пространстве является соответствие конструкции РИЭ действующим международным требованиям по безопасному использованию ядерных источников энергии в космическом пространстве, в частности руководящим принципам и критериям безопасного использования, изложенным в «Принципах, касающихся использования ядерных источников энергии в космическом пространстве» (далее — Принципы), одобренных Генеральной Ассамблеей ООН в резолюции 47/68 от 14 декабря 1992 года. В связи с этим при разработке конструкции РИЭ реализуются научные, технические и организационные мероприятия по подтверждению безопасности РИЭ для всех этапов эксплуатации, включая аварийные ситуации.

Безопасность РИЭ для «Экзомарса» основана на российских подходах к обеспечению безопасности радиоизотопных термоэлектрических генераторов и радиоизотопных тепловых блоков на всех этапах жизненного цикла. Российские подходы сформированы с учетом рекомендаций, содержащихся в Рамках, и соответствуют принципам и критериям безопасного использования ЯИЭ, изложенным в Принципах.

На этапе разработки эскизного проекта проводится всесторонний анализ вероятностей возникновения аварийных ситуаций с РИЭ при его эксплуатации, при котором определяются уровни воздействий на конструкцию РИЭ и вероятности радиологических последствий. На данном этапе также определяется объем расчётно-экспериментальной отработки конструкции РИЭ.

В соответствии с Принципами РИЭ сконструированы таким образом, чтобы выдерживать тепловые и аэродинамические нагрузки при возможных аварийных ситуациях, в том числе при входе с высокоэллиптических или гиперболических орбит в верхние слои атмосферы и последующем ударе о поверхность Земли. Система защитной оболочки и физическая форма изотопов гарантируют отсутствие выброса радиоактивного материала в окружающую среду, превышающего нормы МАГАТЭ («Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов»). Требования безопасности № TS-R-1. Издание 2009 года), с тем чтобы район падения можно было полностью дезактивировать путем проведения операции по эвакуации РИЭ.

На этапе разработки конструкторской документации РИЭ с целью подтверждения конструкции требованиям безопасности проводится комплекс расчётно-экспериментальных работ, определенный на этапе разработки эскизного проекта и включающий в себя следующие основные мероприятия:

- разработка программы обеспечения надежности (ПОН), программы обеспечения безопасности (ПОБ) и программы обеспечения качества (ПОК) РИЭ;
- выпуск конструкторской и эксплуатационной документации на РИЭ;
- проведение анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО);
- проведение расчетов (тепловых, прочностных, баллистических, оценки дозовых нагрузок и др.);

- проведение испытаний на эксплуатационные воздействия (климатические, тепловые, вибрационные, статические и др.);
- проведение испытаний на аварийные воздействия (пожар на стартовой позиции, аэродинамический нагрев, столкновение с преградой, термоудар с погружением в воду, воздействие внешнего гидростатического давления и др.);
- оценка показателей надежности и безопасности РИЭ;
- выпуск технических условий (ТУ).

При разработке ПОН и ПОБ особое внимание уделяется содержанию мероприятий по подтверждению показателей надежности и безопасности конструкции РИЭ на всех этапах жизненного цикла.

При проведении АВПКО на основе конструктивных особенностей РИЭ выявляются возможные виды и последствия отказов различных элементов конструкции РИЭ, проводится оценка критичности этих отказов, составляется перечень критичных элементов конструкции и формулируются организационные, технические и конструктивные меры по предупреждению и обнаружению потенциальных отказов выявленных критичных элементов. Результаты анализа используются при проведении всего комплекса расчетно-экспериментальных работ по подтверждению надежности и безопасности РИЭ.

Испытания на эксплуатационные и аварийные воздействия проводятся на образцах РИЭ. Испытаниям на аварийные воздействия подвергаются образцы РИЭ, прошедшие испытания на эксплуатационные воздействия, что повышает информативность и дает более точную оценку безопасности использования РИЭ.

Положительные результаты полного комплекса расчетно-экспериментальных работ — это основа безопасности использования РИЭ, так как они включают в себя подтверждение надежности и безопасности конструкции при всех эксплуатационных и аварийных воздействиях.

После получения положительных результатов проведения всего комплекса расчетно-экспериментальных работ по отработке конструкции РИЭ начинаются работы по подготовке производства к изготовлению штатных РИЭ, предназначенных для использования в космическом пространстве.

Технология изготовления штатных РИЭ в части методов контроля основана на технологии изготовления образцов РИЭ, используемых при отработке конструкции, что обеспечивает преемственность технологических приемов и позволяет проконтролировать идентичность характеристик, полученных на образцах РИЭ и штатных изделиях. Каждый окончательно изготовленный РИЭ подвергается приемо-сдаточным испытаниям, в состав которых входит проведение испытаний на воздействие эксплуатационных нагрузок. Приемо-сдаточные испытания проводятся на соответствие ТУ. Кроме того результаты этих испытаний сопоставляются с результатами испытаний на этапе РКД.

Каждый РИЭ, предназначенный для использования в космическом пространстве, проходит процедуру сертификации в Федеральной системе сертификации космической техники. При положительном заключении выдается сертификат, удостоверяющий, что каждый РИЭ разработан в соответствии с требованиями по безопасному использованию ЯИЭ в космическом пространстве, изложенными в Принципах.

Таким образом, действует стопроцентный контроль всех РИЭ.

В целом можно отметить, что применение Принципов, а также практических рекомендаций, содержащихся в Рамках, являются достаточным инструментом для государств и межправительственных организаций, которые стремятся обеспечить безопасность разработки и использования ЯИЭ в космическом пространстве.

Реализация международных и национальных требований позволяет обеспечить безопасное использование ЯИЭ на всех этапах жизненного цикла космических аппаратов с ними, как при штатной эксплуатации, так и при возникновении аварийных ситуаций. Это позволяет рассматривать использование ЯИЭ в космосе в качестве эффективного средства расширения возможностей человечества для исследования и освоения космического пространства.

---