

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЯЭУ И РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Алексеев П. А., Ехлаков И. А.

ГНЦ РФ – Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского,
г. Обнинск, Калужская область, Россия

Космическая ядерно-энергетическая установка (КЯЭУ) пребывает в непрерывном взаимодействии с окружающей ее космической средой. С одной стороны, космическое излучение вносит свой вклад в процессы, протекающие в активной зоне ЯЭУ, что особенно важно на этапе физического пуска реактора. С другой стороны, КЯЭУ сама является источником излучений в космическое пространство. Эти излучения, как показал опыт эксплуатации КЯЭУ первого поколения, могут оказывать влияние на работу находящихся поблизости космических аппаратов, кроме того, возможно накопление реакторных электронов и позитронов в атмосфере Земли.

В данной работе проводится исследование взаимного влияния космической ЯЭУ и окружающей ее космической среды на примере усовершенствованного термоэмиссионного реактора-преобразователя (ТРП) типа ТОПАЗ и реакторной установки (РУ) мегаваттного класса.

Были выполнены оценки влияния космического излучения на формирование внешнего источника нейтронов в конструкционных элементах реактора КЯЭУ. Полученные результаты показали, что радиационные поля околоземного космического пространства способны формировать в конструкционных элементах реактора КЯЭУ внешний источник нейтронов мощностью порядка 10^7 – 10^9 . При этом его мощность зависит от пространственного положения КА с ЯЭУ и поэтому может достаточно сильно меняться за относительно короткие промежутки времени. В связи с этим возникают новые задачи по обеспечению безопасного применения космической ядерной энергетической установки в космосе: моделирование динамики ядерного реактора с учетом действия переменного по времени внешнего источника нейтронов, а также разработка средств пассивной защиты от влияния космических лучей на работу КЯЭУ.

Также были рассчитаны потоки и энергетические спектры частиц, излучаемых работающей КЯЭУ в окружающее пространство, так утечка позитронов из реактора составляет величину порядка 10^7 на 1 Вт тепловой мощности, электронов – 10^8 , нейтронов и фотонов – 10^{10} . Полученные данные позволяют проводить оценки дополнительных радиационных нагрузок, создаваемых КЯЭУ на расположенных вблизи нее КА. Кроме того, они требуются при изучении эффектов, связанных с возможным накоплением реакторных электронов и позитронов в атмосфере Земли.

Исходя из полученных результатов, может быть проведена оценка дополнительных радиационных нагрузок на радиационно-чувствительные элементы КА, находящихся на орбитах, близких к орбите космического аппарата с ЯЭУ и определены безопасные пролетные расстояния для таких космических аппаратов.

Расчеты проводились на трехмерных, гетерогенных моделях усовершенствованного ТРП типа ТОПАЗ и РУ мегаваттного класса, построенных в программных комплексах MCNP, MCNPX и GEANT4.

Можно заключить, что полученные оценки взаимодействия КЯЭУ с космическим пространством могут быть использованы при проектировании КЯЭУ, в исследованиях, связанных с различными этапами жизненного цикла ядерной энергоустановки, в оценках дополнительной радиационной нагрузки на радиационно-чувствительные элементы близлежащих космических объектов и влияния космической ЯЭУ на экологию космического пространства, а также при выработке норм и правил ядерной и радиационной безопасности применения ядерно-энергетических установок в космосе.