

Определение эффективной дозы ионизирующего космического излучения при пилотируемых полетах

В новых (2021 г.) нормативах, регламентирующих дозовые нагрузки на космонавтов при орбитальных космических полетах, указана предельная величина эффективной дозы ионизирующего излучения за весь период профессиональной деятельности космонавта в размере 1000 мЗв. Кроме того, даны более жесткие ограничения (в терминах эквивалентной дозы) для дозовых нагрузок на критические органы членов экипажа (кожа, хрусталик глаза и кроветворная система) за различные периоды полета (острое в течение ~ 1 сут кратковременное воздействие, месяц и год), предназначенные для принятия оперативных решений о возможности продолжения по критерию радиационной безопасности космического полета при ухудшении радиационной обстановки на борту пилотируемого космического аппарата. В случае проникновения на орбиту солнечных космических лучей (СКЛ) перепад доз по телу космонавта может достигать нескольких раз и более в зависимости от жесткости спектра СКЛ, что особенно актуально для высокоширотных орбит. Для недопущения ситуаций необоснованного прекращения полета из-за превышения заданных дозовых пределов необходимо с достаточной точностью измерять дозы в критических органах и определять накопленную эффективную дозу.

В период 2004 – 2021 гг. на МКС проведены экспериментальные исследования распределения дозы в теле космонавта с использованием тканеэквивалентного шарового фантома, оснащенного активными и пассивными детекторами, размещаемыми как на поверхности, так и внутри фантома. Благодаря специально выбранной форме и размерам фантома (масса 32 кг, диаметр 35 см, внутренняя сферическая полость 10 см), распределение длин хорд для мест расположения детекторов может быть соотнесено с условиями самозащитенности критических органов в теле человека. Полученные с использованием шарового фантома результаты по дозам в критических органах хорошо согласуются с данными измерений с использованием антропоморфного фантома. По сравнению с антропоморфными фантомами, используемыми специалистами ЕКА и НАСА, сферический фантом имеет меньшую массу, меньший размер и требует меньше времени экипажа для установки и извлечения детекторов, его тканеэквивалентные свойства ближе к составу тела стандартного человека, чем у других фантомов.

Полученные нами результаты показали более чем 2-х кратное различие дозы на поверхности фантома при размещении в каюте Служебного модуля, при этом наибольшая доза наблюдалась вблизи внешней стенки отсека, наименьшая – на диаметрально противоположной стороне фантома. Максимальная мощность дозы, измеренная в фантоме, связана с воздействием ГКЛ и РПЗ; минимальные величины доз вызваны в основном сильно проникающими частицами ГКЛ и наблюдаются за защитой более 5 г/см² тканеэквивалентного вещества.

Таким образом, с помощью шарового фантома могут быть определены дозы в критических органах и эффективная дозы члена экипажа. Шаровой фантом-свидетель прошел апробацию в условиях МКС и может быть рекомендован в качестве штатного средства радиационного контроля в отсеках новой высокоширотной станции.

Секция

Медико-биологические проблемы космических полетов

Primary author: Др ШУРШАКОВ, Вячеслав (ГНЦ РФ - ИМБП РАН)

Presenter: Др ШУРШАКОВ, Вячеслав (ГНЦ РФ - ИМБП РАН)