

В блоке разряда частиц 6 на частицах нейтрализуется отрицательный заряд, сообщенной им в инжекторе. Для того, чтобы блок разряда частиц 6 не влиял на работу линейного ускорителя, на входе и выходе блока разряда частиц 7 расположены сетки заземления 5. Блок разряда частиц 6 представляет собой спираль, на которую подается переменную напряжение. Переменное напряжение приводит к нагреву спирали и, как следствие, эмиссии электронов, которые сталкиваются с летящими через данный блок высокоскоростными частицами, нейтрализуя положительный заряд на этих частицах.

Нельзя делать угол  $\alpha$  между выходами обоих инжекторов 1 слишком маленьким, так как это может привести к засорению частицами одного инжектора выхода второго инжектора. Также нельзя делать угол  $\alpha$  слишком большим, это приводит к уменьшению вероятности взаимного столкновения высокоскоростных микрочастиц. В связи с этим угол  $\alpha$  выбирается от  $1^\circ$  до  $10^\circ$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по соглашению № 14.575.21.0107 о предоставлении субсидии в целях реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы».

УДК 621.382+629.78

## **РАСЧЕТ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В КРЕМНИИ**

П.Г. Плохотниченко, А.Б. Ильин

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва»

При воздействии ионизирующего излучения на вещество возникают ионизационные эффекты и структурные нарушения. Основным материалом интегральных микросхем является кремний (Si).

Реакции от дозовых эффектов незначительны для аппаратов с герметичной конструкцией. Однако наиболее перспективным является применение негерметичных конструкций космических аппаратов, что влечет за собой увеличение уровня воздействующих излучений на интегральные микросхемы, находящихся на борту КА. [1]

Негерметичные конструкции применяются для малых космических аппаратов. Орбиты в основном пролегают на высоте до 1000 км внутренних естественный радиационный пояс Земли.

Поглощенная доза ионизирующего излучения рассчитывается по формуле 1.

$$D = \int_{L_{\min}}^{L_{\max}} L dL \int_0^T F(L, t) dt, \quad (1)$$

где  $L$  – линейные потери энергии (ЛПЭ) в кремнии [ $\text{МэВ} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ ],  $F(L, t)$  – дифференциальный спектр ЛПЭ плотности всенаправленного потока частиц, упавших на поверхность исследуемого объекта в момент времени  $t$  [ $\text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{МэВ}^{-1}$ ].

Дифференциальный энергетический спектр состоящий из нескольких компонент определяется по формуле 2.

$$F(L, t) = \sum_i F_i(E, t) / \frac{d}{dE} [L_i(E)], \quad (2)$$

где –  $F_i(E, t)$  – дифференциальный энергетический спектр плотности всенаправленного изотропного потока частиц  $i$ -го типа, падающих на исследуемый объект в момент времени  $t$  после прохождения защиты с толщиной  $x$ ,  $L_i(E)$  – зависимость ЛПЭ частицы  $i$ -го типа от ее энергии. Суммирование ведется по всем типам частиц, входящих в падающий поток. [2]

На рисунке 1 приведены интегральные энергетические спектры электронов согласно моделям АЕ-8.

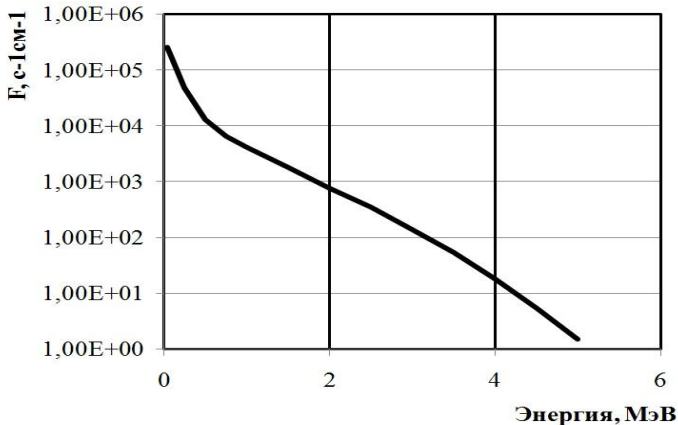


Рисунок 1 – Интегральный энергетический спектр электронов

На рисунке 2 приведены интегральные энергетические спектры протонов согласно моделям АР-8.

Расчет поглощенной дозы производился в центре сферической защиты различной толщины с учетом трех компонент: протонов и электронов естественного пояса Земли, протонов Солнечных космических лучей.

На рисунке 3 приведена зависимость поглощенной дозы от толщины защиты.

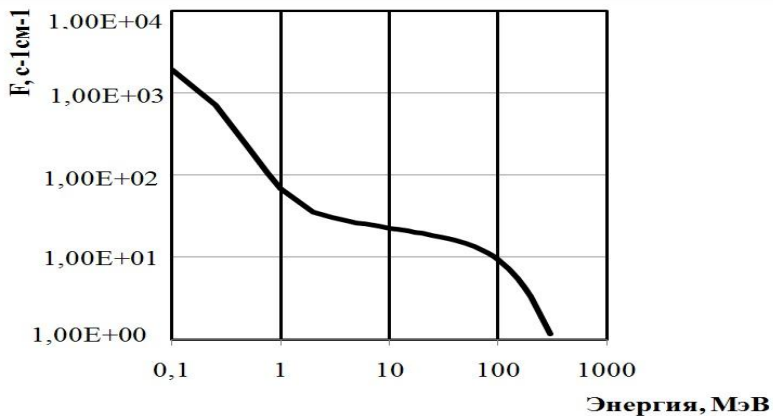


Рисунок 2 – Интегральный энергетический спектр протонов

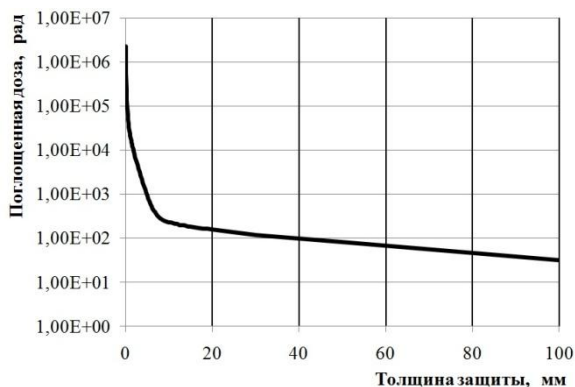


Рисунок 3 – Зависимость поглощенной дозы ионизирующего излучения в кремнии от толщины защиты

#### Список использованных источников

1. Модель космоса: научно-информационное издание [Текст]: В 2 т. / под ред. М.И. Панасюка, Л.С. Новикова. – Т.2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. – М.: КДУ, 2007. – 1144 с.
2. Новиков, Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов [Текст]: учебное пособие / Л.С. Новиков. – М.: Университетская книга, 2010. – 192 с.