

# ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ИС К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА, УЧИТЫВАЮЩАЯ ОТЛИЧИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ МОДЕЛИРУЮЩИХ УСТАНОВОК И КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Л. Л. Акатов<sup>1</sup>, А. Н. Аверин<sup>1</sup>, А. А. Кондратенко<sup>2</sup>,  
В. Г. Малинин<sup>1</sup>, Г. В. Милошевский<sup>3</sup>, С. А. Рябов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РНИИ «Электронстандарт», Санкт-Петербург; <sup>2</sup>НИИ Приборов, Лыткарино, Московской обл.;

<sup>3</sup>ИТМО им. А.В.Лыкова АНБ, Минск

*Показано влияние на деградацию параметров ИС электронного излучения с различными спектрально-энергетическими характеристиками (СЭХ), предложен расчетно-экспериментальный метод оценки стойкости ИС к воздействию электронной компоненты излучения космического пространства (КП), учитывающий отличие СЭХ излучения моделирующих установок (МУ) и космического пространства (КП).*

Для разработки метода оценки стойкости ИС к воздействию электронного излучения КП по результатам испытания на МУ проведены исследования влияния сплошного и моноэнергетического электронного спектра на показатели стойкости типовых представителей биполярных (1533ЛА4) и КМОП (564ТМ2) ИС на изотопном источнике "Сириус-3200" и электронном ускорителе "Электроника У-003". Облучение проводилось в режиме функционирования ИС, параметры измерялись в соответствии с ТУ. В ходе проведения испытаний осуществлялось облучение и измерение электрических параметров в пяти выборках изделий по 10 штук в каждой.

В процессе обработки экспериментальных результатов строились кривые наилучшей аппроксимации зависимостей измеренных параметров ИЭТ от флюенса падающих электронов и определялась их аналитическая зависимость.

В качестве примера определения функциональной зависимости параметра ИС в условиях КП по результатам моделирования рассмотрены параметры  $I_{сч}$  для ИС 1533ЛА4 и  $I_{oh}$  для ИС 564ТМ2. На рисунке 1 представлены экспериментальные результаты испытания ИС 1533ЛА4 и 564ТМ2 на МУ "Электроника У-003" и МУ "Сириус-3200". Экспериментальные точки деградации этих параметров под воздействием излучения МУ аппроксимируются зависимостью от флюенса электронов  $F$ ,  $e/cm^2$ ,

$$I(F)/I(F=0) = 1 - K_{му} \cdot F. \quad (1)$$

Параметры Кму приведены в таблице 1.

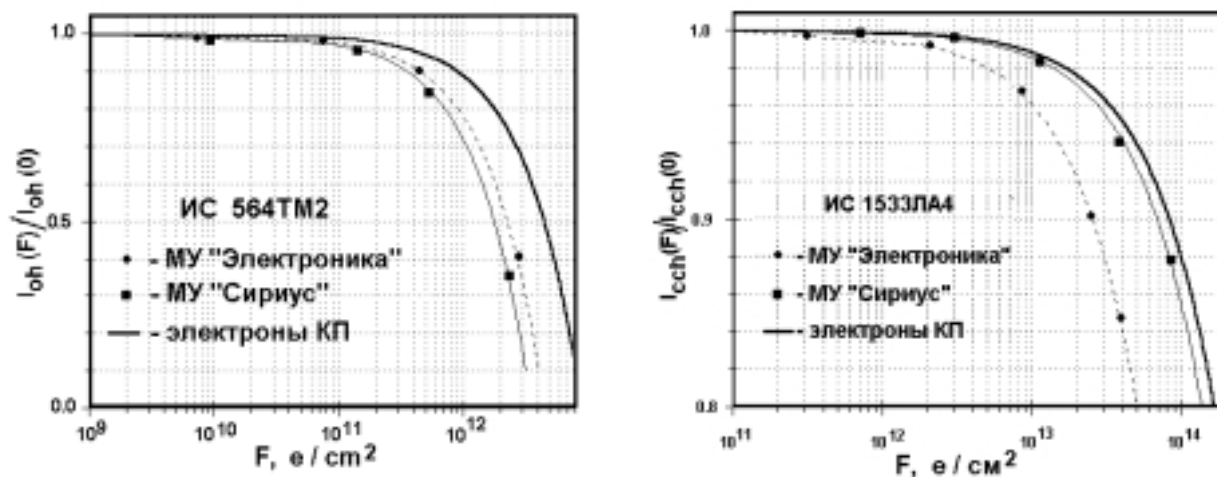


Рис. 1. Результаты испытания ИС 564ТМ2 и 1533ЛА4 на МУ "Электроника У-003" - •, МУ "Сириус-3200" - ■ и расчетная зависимость деградации параметров исследуемых ИС при воздействии электронной компоненты ИИ КП - —.

Таблица 1

Спектр излучения	К, см²/е		Е, МэВ/см	D, деф/см
	1533ЛА4	564ТМ2		
МУ Сириус	Кмус=1.46·10 <sup>-15</sup>	Кмус=2.8·10 <sup>-13</sup>	Емус= 4.25	Дмус=0.3
МУ Электроника	Кмуэ=3.97·10 <sup>-15</sup>	Кмуэ=2.2·10 <sup>-13</sup>	Емуэ=3.82	Дмуэ=2.9
Электроны КП	Ккп=1.2·10 <sup>-15</sup>	Ккп=1.1·10 <sup>-13</sup>	Екп=2.85	Дкп=0.2

Поведено теоретическое моделирование взаимодействия электронного излучения с СЭХ геостационарной орбиты КП, МУ "Сириус-3200" и "Электроника - У003" с ИС с помощью разработанного физико-математического программного комплекса «MONSOL» для трехмерного моделирования взаимодействия проникающих излучений со сложными слоистыми структурами. В таблице 1 приведены относительные значения коэффициентов энерговыведения (Ему, Екп) и дефектообразования (Дму, Дкп) на электрон, усредненные по

активной области кристалла глубиной 10 мкм, рассчитанные для структуры ИС, находящейся под воздействием излучений МУ и КП.

Из сопоставления экспериментальных и расчетных данных следует, что отношение коэффициентов  $K_{му}$  для использованных МУ не равно отношениям коэффициентов энерговыделения или дефектообразования. Отсюда следует, что простой пересчет результатов этих испытаний через поглощенную дозу к оценке стойкости ИС в условиях КП не правомерен. Анализ экспериментальных данных показывает, что наилучшее совпадение рассчитанных значений  $K_{кп}$ , полученных из расчетов по двум установкам, дает степенная зависимость коэффициентов  $K$  от дефектообразования и энерговыделения для биполярных ИС и КМОП ИС соответственно.

Тогда для зависимости деградации рассматриваемых параметров при воздействии электронного излучения КП будет справедливо

$$I(F)/I(F=0) = 1 - K_{кп} \cdot F \quad (2),$$

где для биполярной ИС  $K_{кп} = K_{му}((D_{кп}/D_{му})^{X_d}) \quad (3),$

а для КМОП ИС  $K_{кп} = K_{му}((E_{кп}/E_{му})^{X_e}) \quad (4).$

Из соотношения экспериментальных данных для МУ с различными СЭХ получено, что для биполярной ИС

$$X_d = 0.45,$$

а для КМОП ИС

$$X_e = 2.29.$$

Для распространения полученных значений степенных коэффициентов  $X_d \sim 0.5$ ,  $X_e \sim 2$  на все типы ИС требуются дополнительные исследования на расширенной номенклатуре изделий.