

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

Л. Л. Акатор<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  $I_{ch}$  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  $F$ ,  $e/cm^2$ ,

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

Параметры Км<sub>у</sub> приведены в таблице 1.

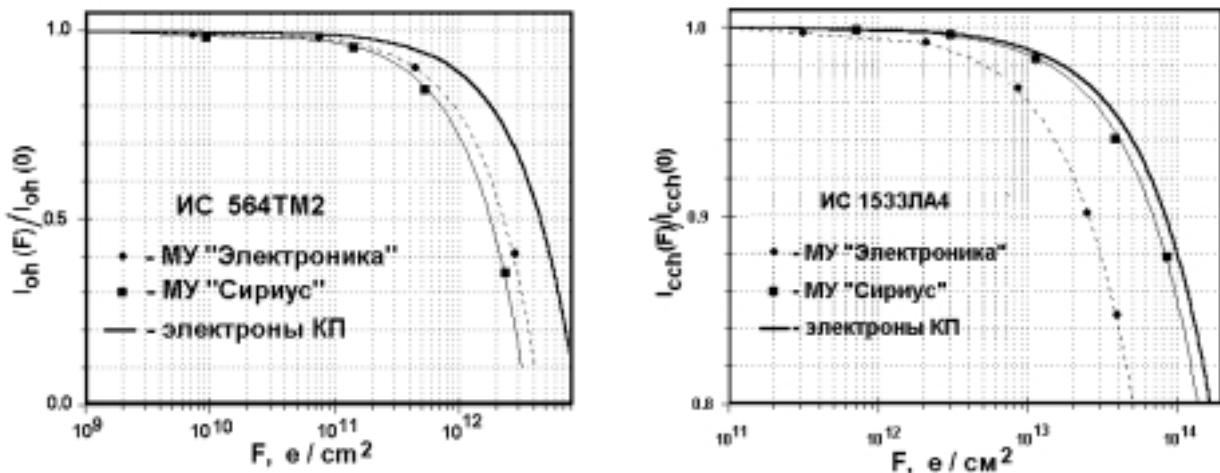


Рис. 1. Результаты испытания ИС 564ТМ2 и 1533ЛА4 на МУ "Электроника У-003" - •, МУ "Сириус-3200" - ■ и расчетная зависимость деградации параметров исследуемых ИС при воздействии электронной компоненты ИИ КП - — .

Таблица 1

Спектр излучения	K, см <sup>2</sup> /e		E, МэВ/см	D, деф/см
	1533ЛА4	564ТМ2		
МУ Сириус	$K_{\text{мус}}=1.46 \cdot 10^{-15}$	$K_{\text{мус}}=2.8 \cdot 10^{-13}$	$E_{\text{мус}}=4.25$	$D_{\text{мус}}=0.3$
МУ Электроника	$K_{\text{мэ}}=3.97 \cdot 10^{-15}$	$K_{\text{мэ}}=2.2 \cdot 10^{-13}$	$E_{\text{мэ}}=3.82$	$D_{\text{мэ}}=2.9$
Электроны КП	$K_{\text{кп}}=1.2 \cdot 10^{-15}$	$K_{\text{кп}}=1.1 \cdot 10^{-13}$	$E_{\text{кп}}=2.85$	$D_{\text{кп}}=0.2$

Проведено 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 энерговыделения ( $E_{\text{м}}/E_{\text{кп}}$ ) и дефектообразования ( $D_{\text{м}}/D_{\text{кп}}$ ) 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 Кму 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 Ккп, полученных из расчетов по двум установкам, дает степенная зависимость коэффициентов К от дефектообразования и энерговыделения для биполярных ИС и КМОП ИС соответственно.

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

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

где для биполярной ИС  $K_{kp} = K_{mu}((D_{kp}/D_{mu})^{X_d})$  (3),

а для КМОП ИС  $K_{kp} = K_{mu}((E_{kp}/E_{mu})^{X_e})$  (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.