

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ГИБКОГО МАТЕРИАЛА**

---

Владимир Юрьевич КИРИЛЛОВ родился в 1951 г. в городе Таллинне. Профессор МАИ. Доктор технических наук. Основные научные интересы — в области электромагнитной совместимости технических средств. Автор более 100 научных работ. E-mail: k309@mai.ru

Vladimir U. KIRILLOV was born in 1951 in Tallinn. He is professor (doctor technical science) at the MAI. His research scientific interests are in the field of electromagnetic compatibility of technical units. He has published more than 100 technical papers. E-mail: k309@mai.ru

---

Максим Михайлович ТОМИЛИН родился в 1986 г. в городе Липецке. Аспирант МАИ. Основные научные интересы — в области электромагнитной совместимости технических средств. Автор трёх научных работ. E-mail: k309@mai.ru

Maksim M. TOMILIN was born in 1986 in Lipetsk. He is postgraduate student at the MAI. His research scientific interests are in the field of the electromagnetic compatibility of technical units. He has published 3 technical papers. E-mail: k309@mai.ru

---

Сергей Владиславович ГОРДЕЕВ родился в 1985 г. в городе Невинномыске. Аспирант МАИ. Основные научные интересы — в области электромагнитной совместимости технических средств. Автор четырёх научных работ. E-mail: k309@mai.ru

Sergey V. GORDEEV was born in 1985 in Nevinnomysk. He is postgraduate student at the MAI. His research scientific interests are in the field of the electromagnetic compatibility of technical units. He has published 4 technical papers. E-mail: k309@mai.ru

---

*Приведены результаты исследования свойств гибкого материала с целью определения возможности его применения для защиты электронных элементов и устройств от воздействия излучаемых электромагнитных помех, создаваемых электростатическими разрядами.*

*The article describes results of research characteristics flexible material to detection possibility of application for protection electronic elements and units from electromagnetic interference arise from electrostatic discharges.*

**Ключевые слова:** электростатический разряд, электромагнитный экран, электромагнитная помеха.

**Key words:** electrostatic discharge, electromagnetic shield, electromagnetic interference.

Электростатические разряды (ЭСР) являются источниками кондуктивных и излучаемых электромагнитных помех (ЭМП). ЭМП, создаваемые электростатическими разрядами, могут привести к ухудшению качества функционирования электронных элементов и устройств бортовых систем, подверженных процессам электризации летательных аппаратов, таких, как, например, геостационарные космические аппараты [1].

Эффективной защитой от электростатических разрядов и создаваемых ими электромагнитных помех являются изготовленные по специальной технологии гибкие материалы. Обладая малой массой, высокой прочностью и стойкостью к многократным изгибам, гибкие проводящие и тканые радиопоглощающие материалы, а также их комбинация позволяют эффективно защищать электронные эле-

менты и устройства от излучаемых электромагнитных полей, таких, как импульсные электрические поля от электростатических разрядов.

Исследование образца гибкого материала в условиях ЭМП, создаваемых ЭСР, проводилось на стенде, схема которого приведена на рис. 1 (фотография стенда представлена на рис. 2).

В качестве источника электромагнитных помех от электростатических разрядов выступал высоковольтный разрядник, подключенный к источнику электропитания постоянного тока. Датчик ЭМП от ЭСР находился на диэлектрической подложке и соединялся с помощью измерительного провода с цифровым осциллографом, с которого снимались форма и параметры излучаемой ЭМП. Для оценки защитных свойств образца датчик закрывался гибким материалом (рис. 1).

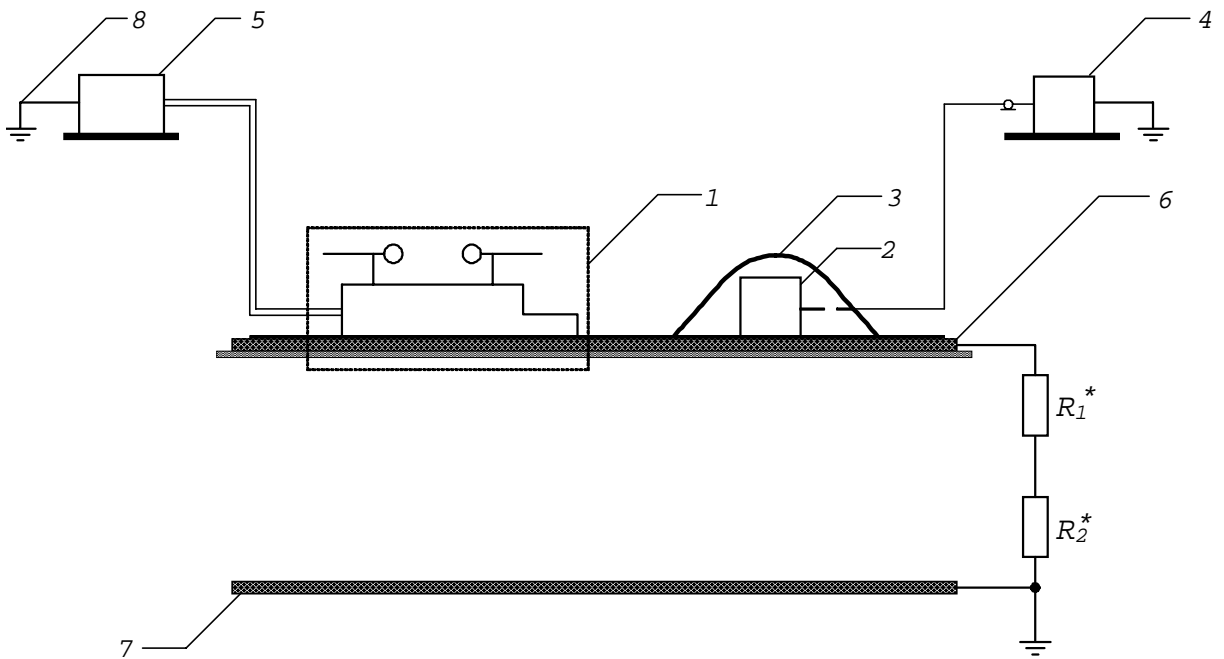


Рис. 1. Схема стенда для исследования образца гибкого материала:

1 — высоковольтный разрядник; 2 — датчик ЭМП; 3 — испытуемый экран; 4 — цифровой осциллограф; 5 — источник электропитания (ВС-24); 6 — плоскость горизонтальной связи; 7 — плоскость заземления; 8 — к заземляющему контуру лаборатории; величина сопротивлений резисторов  $R_1 = R_2 = 470 \text{ кОм}$

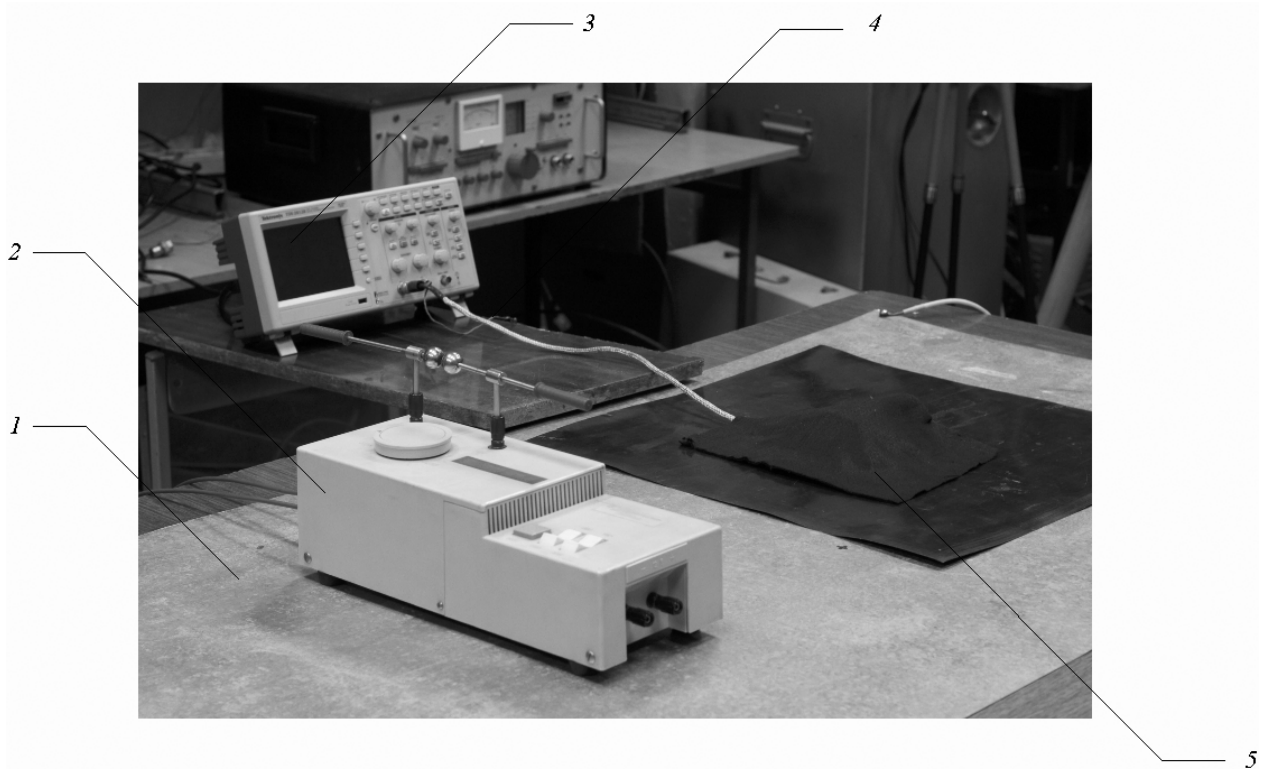


Рис. 2. Общий вид стенда для исследования гибких экранов:

1 — плоскость горизонтальной связи; 2 — высоковольтный разрядник; 3 — измеритель ЭМП от ЭСР (цифровой осциллограф); 4 — измерительный кабель; 5 — датчик ЭМП, закрытый гибким материалом

Осциллограммы сигналов, наводимых на от-

крытом и закрытом исследуемым гибким матери-

алом датчике, приведены на рис. 3 и 4 соответ-

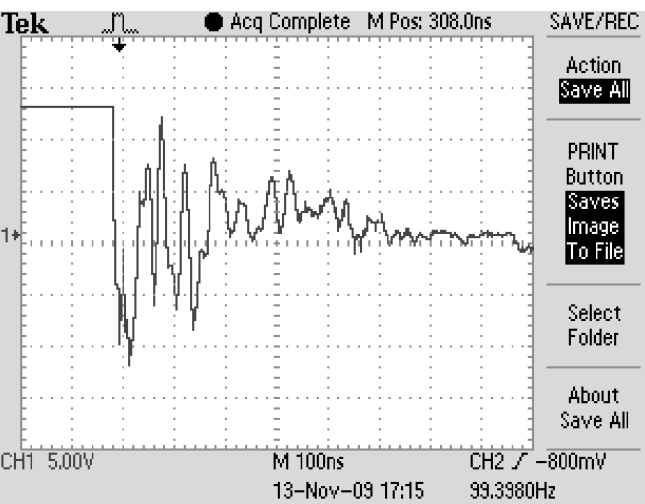


Рис. 3. Осциллограмма излучаемой ЭМП от ЭСР, наводимой на открытый датчик

Амплитуды напряжений, наведённых на открытый и закрытый гибким экраном датчик, соответственно имеют значения:

$$U_{1\max} \approx 12 \text{ В}; U_{2\max} \approx 0,3 \text{ В.} \quad (1)$$

Эффективность защитных свойств исследуемого гибкого материала составляет [2]

$$k_3 = 20 \cdot \lg \left( \frac{U_{1\max}}{U_{2\max}} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{12}{0,3} \right) \approx 32, \text{ Дб.} \quad (2)$$

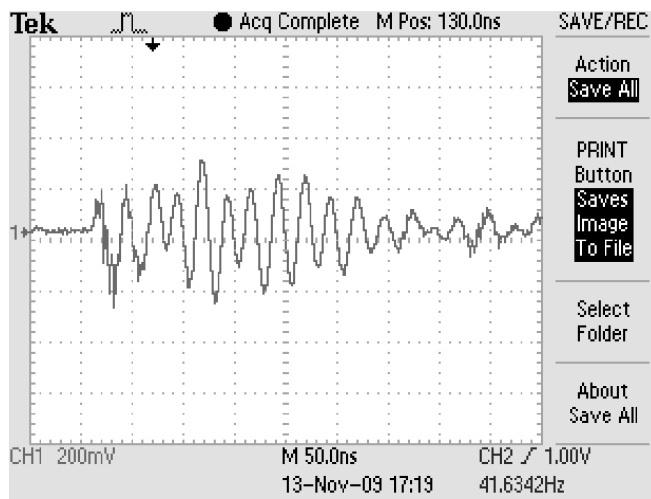


Рис. 4. Осциллограмма излучаемой ЭМП от ЭСР, наводимой на датчик, закрытый исследуемым гибким материалом

### Выводы

Проведённые исследования свойств ряда других гибких экранирующих и поглощающих материалов позволяют сделать вывод о том, что гибкие материалы могут эффективно использоваться при защите электронных элементов и устройств от электромагнитных помех, создаваемых электростатическими разрядами.

### Библиографический список

1. Электромагнитная совместимость технических средств подвижных объектов / Под ред. В.П. Булекова. — М.: Изд-во МАИ, 2004.
2. *Отт Г.* Методы подавления шумов и помех в электронных системах (Bell Telephone Laboratories, Incorporated, 1976); Пер. с англ. — М.: Мир, 1979.

Московский авиационный институт  
Статья поступила в редакцию 20.04.2009