

УДК 537.87:539.216

## КОНСТРУКЦИИ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГОФРИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ

*Гладинов А.Д.*

*аспирант кафедры защиты информации*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Богуш В.А. – доктор физико-математических наук, профессор*

**Аннотация.** В докладе приведены результаты исследования взаимодействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с тонкопленочными экранами в виде гофрированной металлизированной полимерной пленки. Эти результаты включают в себя закономерности изменения значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения таких экранов в зависимости от высоты гофра.

**Ключевые слова:** экранирование электромагнитного излучения, отражение, передача

**Введение.** Электромагнитное излучение (ЭМИ) повсеместно окружает человека во всех сферах его деятельности и оказывает влияние как на него самого, так и на окружающие его на работе и в быту изделия электронной техники (ИЭТ). Основные области применения электромагнитных экранов приведены на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 – Основные области применения электромагнитных экранов

Перспективным направлением защиты от ЭМИ является совершенствование конструкций и технологии изготовления экранов ЭМИ. Кроме того, для повышения эффективности экранирования необходимы исследования и поиск новых материалов, конструкций и технологий их изготовления. Применение полимерных материалов в качестве основы для экранов ЭМИ позволит снизить их массу, тем самым расширит возможности их использования при защите от ЭМИ.

**Основная часть.** Для изготовления экранов ЭМИ была выбрана многослойная пленка на полиэтиленовой основе Kotar IZOFOLIX [2]. Данная пленка имеет толщину 105 мкм и представляет многослойную структуру, на один из внутренних слоев которой нанесена металлизация Al толщиной 150 нм. Общий вид пленки приведен на рисунке 2.

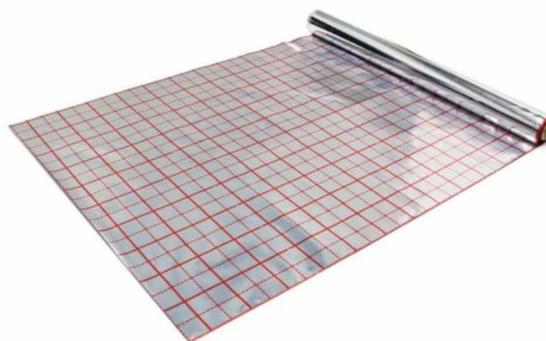


Рисунок 2 – Общий вид пленки Kotar IZOFOLIX

Экраны ЭМИ изготавливались путем гофрирования указанной пленки, которое заключалось в складывании ее в виде «гармошки» с разной высотой. Для исследований были выбраны высоты гофра, равные 30, 60 и 90 мм, обусловленные кратностью длине электромагнитной волны в гигагерцовом диапазоне частотных измерений. Размеры экранов составляли 300×400 мм. Схема электромагнитных экранов с высотой гофров 30 и 60 мм и углом при вершине 25° представлена на рисунке 3.

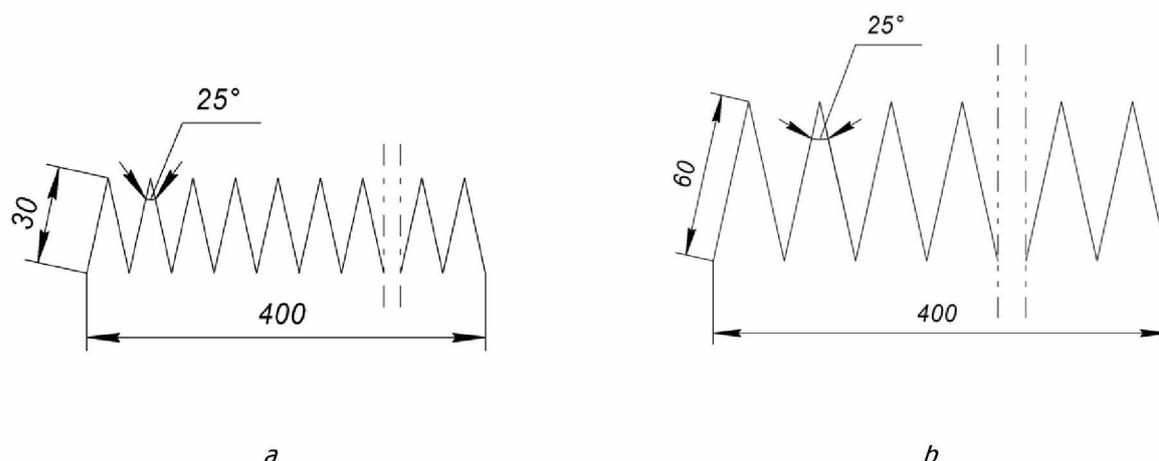


Рисунок 3 – Схема гофрированного электромагнитного экрана с высотой ( $a$  – 30 мм,  $b$  – 60 мм)

Измерение значений коэффициентов отражения и передачи изготовленных экранов ЭМИ проводилось в диапазоне частот 2,0...17 ГГц. При исследованиях использовался измерительный модуль коэффициентов передачи и отражения SNA 0.01–18. Все измерения проводились в 2 этапа. На первом этапе проводилась калибровка установки для измерений в заданном диапазоне частот. На втором этапе выполнялись измерения коэффициентов отражения и передачи.

По результатам проведенных измерений без использования металлического отражателя установлено, что в диапазоне частот от 2...17 ГГц (рисунок 4), значения коэффициентов отражения ЭМИ экрана (с высотой гофра 30 мм изменяется в диапазоне значений от  $-0,3$  дБ до  $-7$  дБ, для гофра высотой 60 мм — в диапазоне от  $-0,1$  дБ до  $-14$  дБ и для гофра высотой 90 мм — в диапазоне от  $-0,5$  дБ до  $-14$  дБ. При этом наблюдается характерное резонансное увеличение коэффициента отражения в диапазоне частот 5...8 ГГц, а также 11...14 ГГц при всех высотах гофр.

По результатам проведенных измерений с использованием металлического отражателя установлено, что в диапазоне частот от 2...17 ГГц (рисунок 5) значения коэффициентов отражения экранов с высотой гофра 30 мм изменяется в пределах от  $-0,1$  дБ до 11 дБ, а экранов с высотой гофра 60 и 90 мм – соответственно в пределах от  $-0,1$  до  $-12$  дБ и от  $-1$  до  $-16$  дБ. Также наблюдается увеличение коэффициента отражения в диапазонах частот 3...5 ГГц, 7...9 ГГц и 13...16 ГГц.

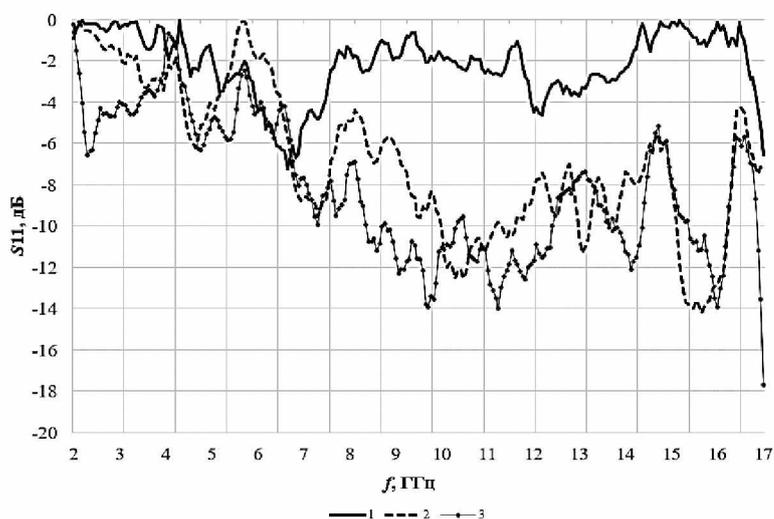


Рисунок 4 – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 2,0...17 ГГц (без металла)  
Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

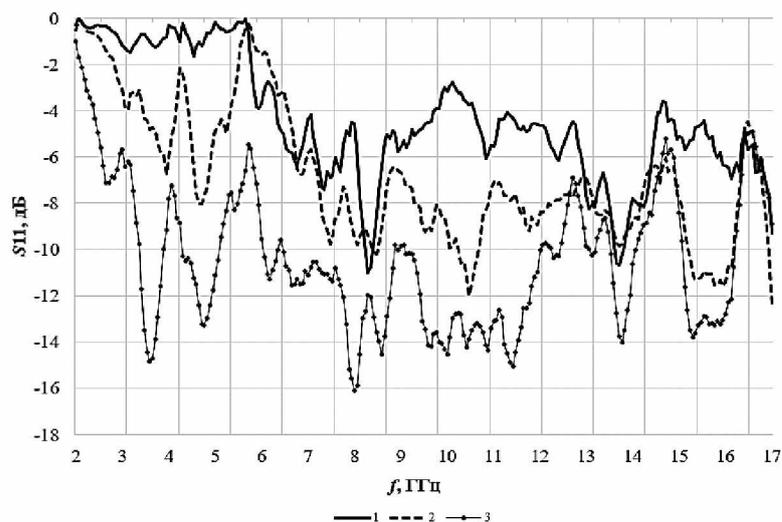


Рисунок 5 – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 2,0...17 ГГц (с металлом). Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

По результатам измерений коэффициента передачи в диапазоне частот 2...17 ГГц (рисунок 6) было установлено, что его значения изменяется в диапазоне от – 40 до – 18 дБ. Сравнение значений коэффициентов передачи экранов ЭМИ с высотой гофра 30, 60 и 90 мм показало, что изменение высоты гофра не оказывает существенного влияния на величину коэффициента передачи.

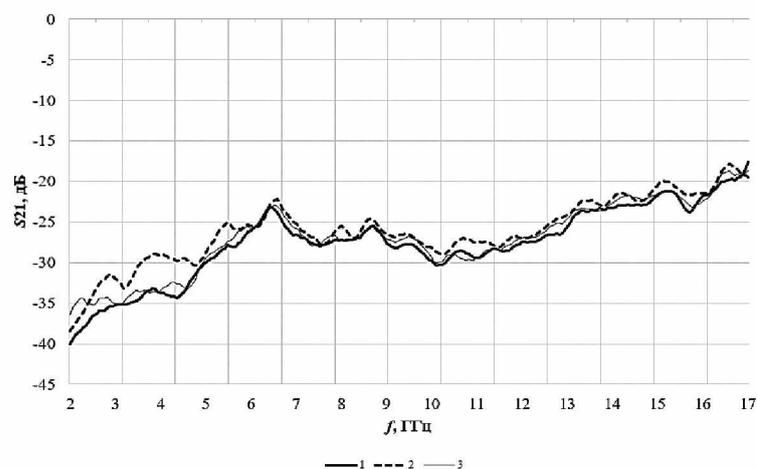


Рисунок 6 – Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 2,0...17 ГГц. Высота гофра, мм: 1 – 30, 2 – 60, 3 – 90

**Заключение.** На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что гофрирование экрана ЭМИ из многослойной пленки на полиэтиленовой основе Kotar IZOFOLIX оказывает влияние на величину его коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 2...17 ГГц. Установлено, что при увеличении высоты гофра с 30 до 90 мм коэффициент отражения ЭМИ возрастает в 2 раза (измерения без металла) и в 1,45 раза (измерения с металлом). Данное увеличение связано с увеличением числа переотражений электромагнитного излучения от боковых поверхностей гофра. Показано, что гофрирование экрана не оказывает значительного влияния на значения его коэффициента передачи ЭМИ.

### Список литературы

1. Абасов, Р. К. Применение углеродных материалов в экранировании электромагнитных полей / Р. К. Абасов // Политический молодежный журнал. – 2016. – № 5. – С. 1 – 7.
2. Изоляционная фольга IZOFOLIX [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://www.kotar.pl/ru/oferta/folie-izolacyjne/108-folia-izolacyjna-izofolix-rus>. – Дата доступа : 14.02.2024

UDC 537.87:539.216

**DESIGNS OF ELECTROMAGNETIC SHIELDS  
BASED ON CORRUGATED METALLIZED POLYMER FILM**

*Gladinov A.D.*

*Postgraduate student of Information Protection Department*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Bogush V.A. – Doctor of Sciences (Physical and Mathematical), Professor*

**Annotation.** The report presents the results of study of microwave electromagnetic radiation interaction with thin-film shields in the form of corrugated metallized polymer film. These results include patterns of changes in the values of electromagnetic radiation reflection and transmission coefficients of such shields depending on the height of the corrugation.

**Keywords:** electromagnetic radiation shielding, reflection, transmission