

**Секция 5**  
**ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**  
**И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ**

**УДК 537.87**

**ГИБКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ  
 НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
 ДЛЯ ЗАЩИТЫ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОТ ПОМЕХ**

*канд. техн. наук, доц. О. В. БОЙПРАВ, Н. В. БОГУШ,  
 д-р техн. наук, проф. Л. М. ЛЫНЬКОВ, М. В. ПАВЛЕНКО*

*(Белорусский государственный университет  
 информатики и радиоэлектроники, Минск)*

*Представлена методика изготовления гибких электромагнитных экранов на основе алюминиевых фольгированных материалов. Описаны установленные закономерности изменения значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения изготовленных в соответствии с представленной методикой экранов в зависимости от уровня содержания в объеме последних фольгированных материалов. На основе результатов анализа установленных закономерностей определено, что использование изготовленных в соответствии с представленной методикой экранов перспективно для обеспечения защиты средств обработки информации от помех, что является одной из задач, решаемых в целях обеспечения информационной безопасности, так как связано с созданием условий, при которых поддерживаются свойства целостности и доступности информации, обрабатываемой с помощью таких средств. По сравнению с аналогами изготовленные в соответствии с представленной методикой электромагнитные экраны характеризуются невысокой стоимостью, что обусловлено соответствующим свойством входящих в их состав материалов, а также невысокой продолжительностью процесса их изготовления и доступностью необходимого для этого оборудования.*

***Ключевые слова:** алюминиевый фольгированный материал, коэффициент отражения, коэффициент передачи, поглотитель электромагнитного излучения.*

**Введение.** Объектом исследования, результаты которого приведены в представляемой работе, были электромагнитные экраны. Одним из направлений практической деятельности, с которым связано изготовление и применение

последних, является обеспечение информационной безопасности [1]. Это обусловлено совокупностью нижеследующих фактов.

1. Одной из задач обеспечения информационной безопасности является реализация мероприятий по поддержанию свойств целостности и доступности информации.

2. Если информация представлена в электронной форме, то мероприятия по поддержанию свойств ее целостности и доступности основаны как на разработке и реализации организационных мер, так и на применении технических средств.

3. Технические средства, применяемые в ходе реализации мероприятий по поддержанию свойств целостности и доступности информации, представляемой в электронной форме, могут быть условно разделены на следующие группы:

– средства обеспечения защиты помещений, в которых расположены носители информации, представляемой в электронной форме (далее – средства вычислительной техники), от несанкционированного доступа;

– средства обеспечения защиты средств вычислительной техники от воздействия электромагнитных помех (к таким средствам относят электромагнитные экраны СВЧ-диапазона).

Цель исследования, результаты которого приведены в представляемой работе, была связана развитием исследований в области разработки новых и совершенствования существующих методик изготовления электромагнитных экранов СВЧ-диапазона. Эта цель состояла в теоретическом и экспериментальном обосновании высокотехнологичной методики изготовления гибких низкостоимостных электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов, представляющих перспективными для защиты средств вычислительной техники от воздействия электромагнитных помех и, как следствие, для поддержания свойств целостности информации, хранимой и обрабатываемой с применением этих средств.

Для достижения обозначенной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1) выполнение теоретического обоснования материалов для изготовления электромагнитных экранов;

2) разработка и документирование методики изготовления электромагнитных экранов;

3) изготовление экспериментальных образцов электромагнитных экранов в соответствии с разработанной методикой, отличающихся уровнем содержания фольгированных материалов;

4) измерение значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения изготовленных экспериментальных образцов;

5) установление закономерностей изменения значений коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения электромагнитных, изготовленных

в соответствии с разработанной методикой, в зависимости от уровня содержания в объеме таких экранов фольгированных материалов.

**Результаты решения задач, поставленных для достижения цели исследования.** В качестве материалов для изготовления гибких низкостоимостных электромагнитных экранов были выбраны следующие:

- нетканый синтетический материал;
- алюминиевая фольгированная полимерная пленка.

Выбор указанных материалов обусловлен свойствами их гибкости и механической прочности. Кроме того, алюминиевая фольгированная полимерная пленка по сравнению с другими производимыми в настоящее время на промышленной основе фольгированными материалами характеризуется низкой стоимостью (таблица).

Таблица. – Стоимость производимых в настоящее время на промышленной основе фольгированных материалов

Наименование фольгированного материала	Стоимость 1 м <sup>2</sup> фольгированного материала в белорусских рублях
Алюминиевая фольгированная полимерная пленка	2,5
Алюминиевая фольга толщиной 20,0 мкм	4,0
Алюминиевая фольга толщиной 50,0 мкм	18,8
Медная фольга толщиной 60,0 мкм	28,6

Разработанная методика изготовления гибких низкостоимостных электромагнитных экранов представляет собой совокупность следующих этапов.

Этап 1. Откраивание от полотна нетканого синтетического материала двух одинаковых фрагментов, длина, ширина и форма которых определяются требованиями к аналогичным характеристикам изготавливаемого экрана.

Этап 2. Раскрой полотна алюминиевой фольгированной полимерной пленки на фрагменты прямоугольной формы, длина и ширина которых не более длины электромагнитной волны, соответствующей среднему значению рабочего диапазона частот изготавливаемого экрана.

Этап 3. Равномерное распределение фрагментов полотна алюминиевой фольгированной полимерной пленки, полученных в результате реализации этапа 2, по поверхности одного из фрагментов нетканого синтетического материала, полученных в результате реализации этапа 1.

Этап 4. Расположение второго из фрагментов нетканого синтетического материала, полученных в результате реализации этапа 1, поверх распределенных в ходе реализации этапа 3 фрагментов полотна алюминиевой фольгированной полимерной пленки.

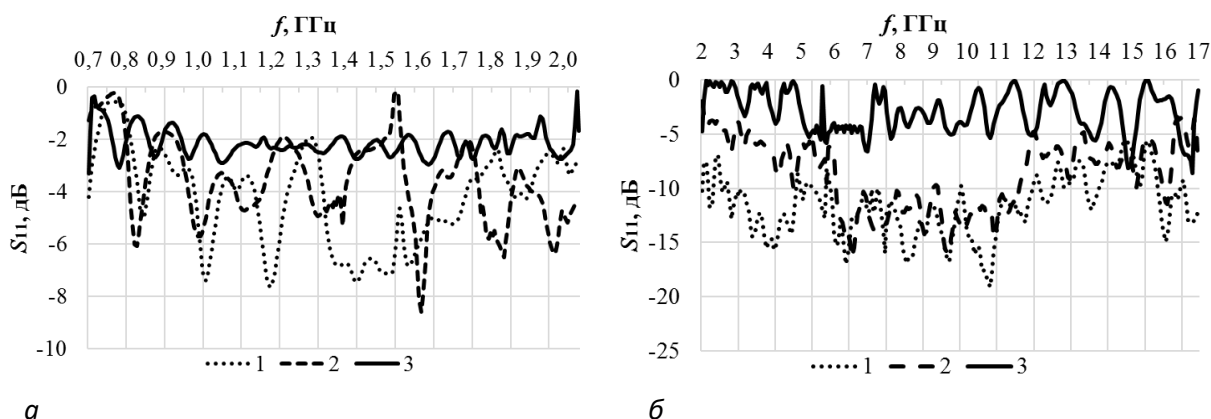
Этап 5. Выдерживание полученной в результате реализации этапов 1–4 конструкции в термопрессе в течение не менее, чем 10 минут, при температуре не менее 150 °С.

Этап 6. Извлечение полученного электромагнитного экрана из термопресса.

В соответствии с разработанной методикой были изготовлены три типа экспериментальных образцов электромагнитных экранов. Образцы типа 1 содержали фрагменты фольгированной полимерной пленки, полученные из полотна, ширина которого 0,05 м, а длина – 2,0 м. Образцы типов 2 и 3 содержали фрагменты фольгированной полимерной пленки, полученные из полотен, ширина которых 0,05 м, а длина – 4,0 м и 6,0 м.

Значения коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения изготовленных экспериментальных образцов были измерены с помощью панорамного измерителя коэффициентов отражения и передачи SNA 0.01–18 в соответствии с методикой, представленной в [2, с. 31].

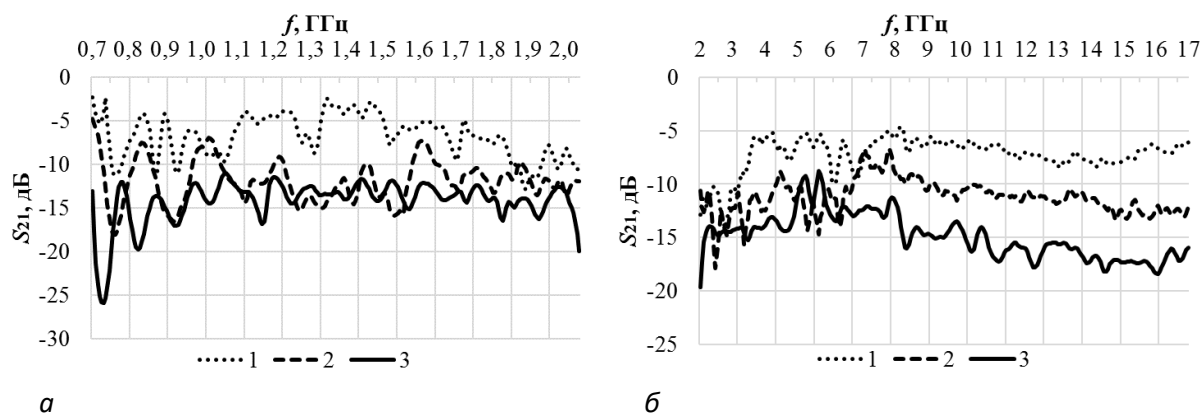
На рисунке 1 представлены частотные зависимости коэффициента отражения ( $S_{11}$ ) электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–17,0 ГГц изготовленных экспериментальных образцов.



**Рисунок 1. – Частотные зависимости коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–2,0 ГГц (а) и 2,0–17,0 ГГц (б) изготовленных экспериментальных образцов типа 1 (кривые 1), типа 2 (кривые 2) и типа 3 (кривые 3)**

Из рисунка 1 следует, что значения коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–2,0 ГГц экспериментальных образцов типов 1 и 2 изменяются в пределах от –1,0 до –8,0 дБ, а экспериментальных образцов типа 3 – в пределах от –1,0 до –3,0 дБ. В диапазоне частот 2,0–17,0 ГГц значения указанного параметра, характерные для перечисленных экспериментальных образцов, изменяются соответственно в следующих пределах: от –9,0 до –20,0 дБ, от –5,0 до –15,0 дБ и от –1,0 до –5,0 дБ.

На рисунке 2 представлены частотные зависимости коэффициента передачи ( $S_{21}$ ) электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–17,0 ГГц изготовленных экспериментальных образцов.



**Рисунок 2. – Частотные зависимости коэффициента передачи электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–2,0 ГГц (а) и 2,0–17,0 ГГц (б) изготовленных экспериментальных образцов типа 1 (кривые 1), типа 2 (кривые 2) и типа 3 (кривые 3)**

Из рисунка 2 следует, что значения коэффициента передачи электромагнитного излучения в диапазоне 0,7–2,0 ГГц экспериментальных образцов типа 1 изменяются в пределах от –5,0 до –10,0 дБ, а экспериментальных образцов типов 2 и 3 – в пределах от –5,0 до –17,0 дБ и от –12,0 до –25,0 дБ соответственно. В диапазоне частот 2,0–17,0 ГГц значения указанного параметра, характерные для перечисленных экспериментальных образцов, изменяются соответственно в следующий пределах: от –5,0 до –10,0 дБ, от –7,0 до –13,0 дБ и от –10,0 до –20,0 дБ.

Таким образом, в результате увеличения в 1,5–2,0 раза уровня содержания в объеме электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии с разработанной методикой, фольгированных материалов можно обеспечить снижение в среднем на 10,0 дБ значений коэффициента передачи электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц таких экранов при одновременном увеличении в среднем на 8,0 дБ значений их коэффициента отражения.

Более высокие значения коэффициента отражения более низкие значения коэффициента передачи электромагнитного излучения образцов типа 3 по сравнению с образцами типов 1 и 2 обусловлены тем, что первые по сравнению со вторыми характеризуются большими значениями удельной электропроводности [3] в связи с тем, что уровень содержания в их объеме фрагментов алюминиевой фольгированной полимерной пленки выше.

**Заключение.** Электромагнитные экраны, изготовленные в соответствии с разработанной методикой, представляются перспективными для использования в целях защиты средств вычислительной техники от помех, так как обеспечивают

снижение до 100,0 раз мощности электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне, а также характеризуются невысокой стоимостью по сравнению с аналогами, обусловленной, в первую очередь, невысокой стоимостью входящих в их состав материалов. Кроме того, разработанная методика изготовления электромагнитных экранов является высокотехничной, так как характеризуется невысокой продолжительностью и основана на применении доступного и недорогого оборудования, что также определяет стоимость получаемых в соответствии с ней экранов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Meng, L. Electromagnetic Interference between Multiple Quantum Mechanical Domains / L. Meng, C. Yam, Q. Chen. *Electronic Devices // Proceedings of the 2021 International Applied Computational Electromagnetics Society (ACES-China) Symposium, Chengdu, China, 28–31 July 2021.* – P. 1–2.
2. Айад, Х. А. Э. Порошкообразные углеродсодержащие материалы для электромагнитных экранов / Х. А. Э. Айад, О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков. – Минск : Бестпринт, 2019. – 100 с.
3. Aluminium as Electricity Conductivity / S. Sahat [et al.] // *Journal of Physics. Conference Series.* – 2020. – Vol. 1529. – Article ID: 032104. – DOI: 10.1088/1742-6596/1529/3/032104.