

Ольга В. Бойправ¹, Александр В. Потапович², Вадим А. Богуш³, Леонид М. Лыньков⁴
*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

¹*e-mail: smu@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0002-9987-8109>*

²*e-mail: nil53@bsuir.edu.by, <https://orcid.org/0000-0002-7403-9034>*

³*e-mail: bogush@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0001-7516-4841>*

⁴*e-mail: leonid@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0001-6578-7113>*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛАСТИЧНЫХ И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ
НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ
ИНФОРМАЦИИ ОТ ПЕРЕХВАТА

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2021.2.04>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния эластичных и воздухопроницаемых электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов на уровни электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,4...2,5 ГГц, формируемого имитаторами приемопередающих устройств несанкционированного съема информации вследствие воздействия на эти имитаторы короткими радиоимпульсами. Данное исследование проведено с целью экспериментального обоснования возможности использования указанных экранов для защиты речевой информации от утечки по прямому акустическому и параметрическому каналам. В ходе проведения исследования была применена методика, основанная на использовании аппаратно-программного комплекса «Локатор для обнаружения устройств ЛВ-2Р», предназначенного для выявления приемопередающих устройств несанкционированного съема информации по резонансным явлениям в их антенных системах и в сопутствующих фильтрующих элементах и включающего в себя автономный генераторно-приемный блок, антенну широкополосную, персональный компьютер, на котором установлено специальное программное обеспечение для детальной обработки информации, комплект соединительных кабелей и комплект имитаторов устройств несанкционированного съема информации. На основе результатов проведенного исследования установлено, что эластичные и воздухопроницаемые электромагнитные экраны на основе фольгированных материалов обеспечивают снижение уровня электромагнитного излучения, формируемого имитаторами устройств несанкционированного съема информации вследствие воздействия на них коротких радиоимпульсов, до тех величин, при которых это излучение не может быть зарегистрировано приемными антеннами. Вследствие этого сделан вывод о том, что исследованные электромагнитные экраны представляются перспективным решением для обеспечения защиты информации от утечки по прямому акустическому и параметрическому каналам. Такие экраны рекомендованы для использования в виде облицовочных модулей для стен помещений, в пределах которых циркулирует речевая информация ограниченного распространения, и внутри которых могут быть установлены или расположены устройства, предназначенные или соответственно применяемые для ее несанкционированного съема.

Ключевые слова: параметрический канал утечки речевой информации, фольгированный материал, электромагнитный экран.

Для цитирования: БОЙПРАВ, Ольга В. et al. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ ПЕРЕХВАТА. *Безопасность информационных технологий, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 44–53, 2021. ISSN 2074-7136. Доступно на: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1339>>. Дата доступа: 14 apr. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2021.2.04>.*

Olga V. Boiprav¹, Aleksandr V. Potapovich², Vadim A. Bogush³, Leonid M. Lynkou⁴

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
P. Brovki str., 6, Minsk, 220013, Belarus*

¹*e-mail: smu@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0002-9987-8109>*

²*e-mail: nil53@bsuir.edu.by, <https://orcid.org/0000-0002-7403-9034>*

³*e-mail: bogush@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0001-7516-4841>*

⁴*e-mail: leonid@bsuir.by, <https://orcid.org/0000-0001-6578-7113>*

**Experimental substantiation of the possibility of using the elastic and air-permeable
electromagnetic shields based on foiled materials for protecting
voice information from leakage**

DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2021.2.04>

Abstract. The paper presents the results of a study of the influence of elastic and air-permeable electromagnetic shields based on foiled materials on the levels of electromagnetic radiation in the frequency range of 0.4...2.5 GHz, generated by simulators of devices for unauthorized retrieval of information due to an exposure to these simulators by short radio pulses. This study has been carried out with the aim of experimentally substantiation the possibility of these shields use to protect speech information from leakage via the direct acoustic and parametric channels. In the course of the study, the method based on the use of the hardware and software complex “Locator for the detection of LV-2R devices”, designed to identify transceiver devices for unauthorized retrieval of information based on the resonance phenomena in their antenna systems and in associated filter elements and including an autonomous a generating and receiving unit, the broadband antenna, the personal computer on which special software for detailed information processing is installed, the set of connecting cables and the set of simulators of devices for unauthorized retrieval of information, has been applied. It has been found that elastic and air-permeable electromagnetic shields based on foiled materials reduce the level of electromagnetic radiation generated by simulators of devices for unauthorized retrieval of information due to exposure to them by short radio pulses, to those values at which this radiation can not be recorded by receiving antennas. As a result, it has been concluded that the investigated electromagnetic shields are the promising solution for ensuring the information protection from leakage via the direct acoustic and parametric channels. Such shields are recommended for use as cladding modules for rooms designed for speech information of limited distribution and where devices used for its unauthorized retrieval could be installed or located.

Keywords: parametric channel of speech information leakage, foiled material, electromagnetic shield.

For citation: BOIPRAV, Olga V. et al. Experimental substantiation of the possibility of using the elastic and air-permeable electromagnetic shields based on foiled materials for protecting voice information from leakage. *IT Security (Russia)*, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 44–53, 2021. ISSN 2074-7136. Available at: <<https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1339>>. Date accessed: 14 apr. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.26583/bit.2021.2.04>.

Введение

В работах [1, 2] представлены результаты экспериментального обоснования перспективности использования эластичных и воздухопроницаемых электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии со способом, описанным в [3], для маскирования наземных объектов в радиолокационном и инфракрасном диапазонах длин электромагнитных волн, или, иными словами, для защиты информации о таких объектах от утечки по комплексируемым инфракрасному и радиолокационному каналам. Такие экраны представляют собой изготовленные из трикотажного материала чехлы, заполненные фрагментами на основе фольгированных материалов. Передние и задние стенки таких чехлов соединены друг с другом путем ниточного соединения вдоль условных продольных и поперечных параллельных линий, идущих параллельно друг

другу с шагом не более 3,0 см [3]. Внешний вид одного из указанных экранов представлен на рис. 1 [1].



Рис. 1. Внешний вид эластичного и воздухопроницаемого электромагнитного экрана на основе фольгированных материалов

Fig. 1. Appearance of an elastic and air-permeable electromagnetic shield based on foil materials

В рамках работы, результаты выполнения которой представлены в настоящей статье, выполнены исследования, направленные на экспериментальное обоснование возможности использования эластичных и воздухопроницаемых электромагнитных экранов для:

- защиты речевой информации от перехвата по прямому акустическому каналу, реализуемого с помощью закладных устройств, устанавливаемых внутри помещений, в пределах которых циркулирует речевая информация ограниченного распространения [4];
- защиты речевой информации от перехвата по параметрическому каналу, реализуемого путем воздействия электромагнитным излучением радиочастотного диапазона на вспомогательные технические средства и системы, характеризующиеся «микрофонным эффектом» и расположенные внутри помещений, в пределах которых циркулирует речевая информация ограниченного распространения [5, 6].

Актуальность проведения таких исследований обусловлена рядом причин.

1. В настоящее время перехват информации ограниченного распространения чаще всего реализуется по акустическим техническим каналам утечки в связи с тем, что речевые сигналы чаще, чем электромагнитные волны, являются носителями такой информации [7].

2. Процесс перехвата речевой информации, реализуемый с помощью закладных устройств или путем воздействия электромагнитным излучением радиочастотного

диапазона на вспомогательные технические средства и системы, характеризуется большей скрытностью по сравнению с процессом перехвата аналогичной информации по акустическим техническим каналам других разновидностей. Это связано с тем, что:

– закладные устройства по сравнению с другими устройствами несанкционированного съема речевой информации характеризуются миниатюрными размерами и могут быть скрытно установлены в помещении, в пределах которого циркулирует речевая информация ограниченного распространения [8];

– воздействие электромагнитным излучением радиочастотного диапазона на вспомогательные технические средства и системы, характеризующиеся «микрофонным эффектом» и расположенные внутри помещений, в пределах которых циркулирует речевая информация ограниченного распространения, может быть реализовано за границами контролируемой зоны [9].

1. Методика проведения эксперимента

Для экспериментального обоснования возможности использования эластичных и воздухопроницаемых электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов [1–3] для защиты речевой информации от утечки по прямому акустическому и параметрическому каналам была применена методика, основанная на использовании аппаратно-программного комплекса «Локатор для обнаружения устройств ЛВ-2Р» (далее – комплекс). Комплекс предназначен для выявления приемопередающих устройств несанкционированного съема информации по резонансным явлениям в их антенных системах и в сопутствующих фильтрующих элементах. Комплекс включает в себя следующие устройства:

- автономный генераторно-приемный блок;
- антенна широкополосная АШ 0,3–3;
- комплект комбинированный, в состав которого входят адаптер питания, кабель питания от сети переменного тока 220 В, кабель соединительный, стереонаушники, кабель USB;
- персональный компьютер, на котором установлено специальное программное обеспечение для детальной обработки информации;
- комплект из пяти имитаторов устройств несанкционированного съема информации, каждый из которых отличается определенной рабочей частотой, соответствующей либо частоте сигналов, используемых для передачи данных в системах сотовой связи, либо частоте GPS-сигналов, либо частоте, относящейся к ISM-диапазону (имитатор № 1 – 434 МГц, имитатор № 2 – 900 МГц, имитатор № 3 – 1880 МГц, имитатор № 4 – 1575 МГц, имитатор № 5 – 2,45 ГГц); в конструкцию каждого из имитаторов входят компоненты беспроводных систем: микросхема приемопередатчика, фильтры, антенна.

Автономный генераторно-приемный блок комплекса обеспечивает генерацию зондирующих сигналов и обработку принимаемых переизлученных сигналов в заданном диапазоне частот в режиме реального времени. Тип генерируемых рассматриваемым блоком сигналов – перестраиваемые по частоте гармонические короткие радиоимпульсы¹.

Внешний вид автономного генераторно-приемного блока комплекса представлен на рис. 2, 3.

¹ГЛЮИ.464425.001 РЭ. Локатор для обнаружения устройств несанкционированного съема информации ЛВ-2Р. Руководство по эксплуатации. Минск: БГУИР, 2016. – 34 с.

¹GLUI.464425.001 RE. Locator for detecting devices for unauthorized information retrieval LV-2R. Manual. Minsk: BSUIR, 2016. – 34 p. (in Russian).

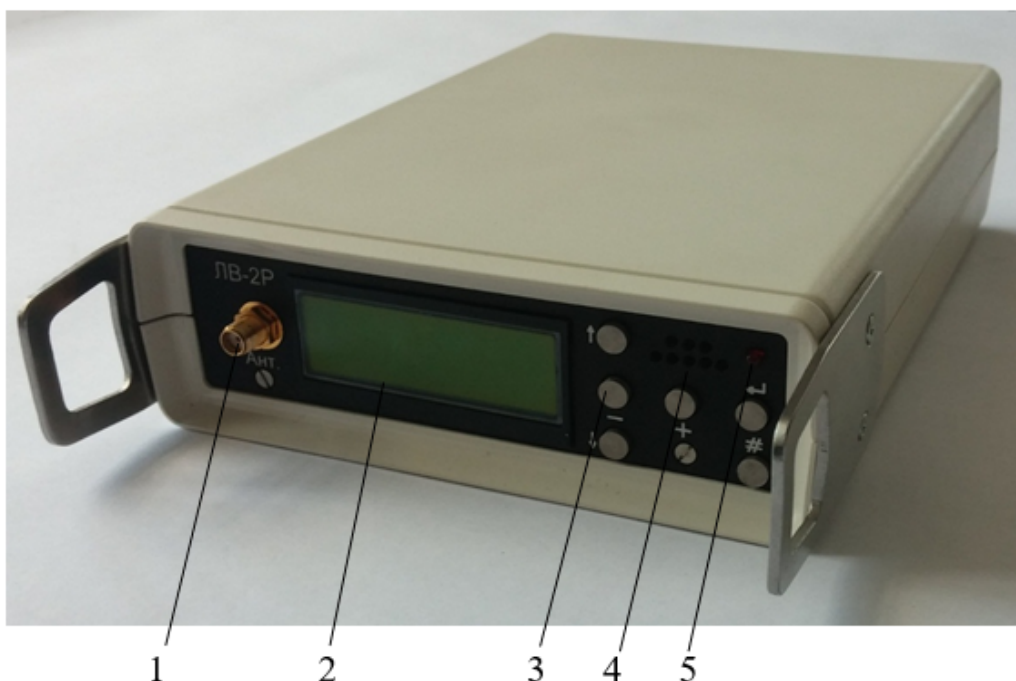


Рис. 2. Внешний вид спереди автономного генераторно-приемного блока комплекса:
1 – разъем типа SMA для подключения приемо-передающей антенны; 2 – дисплей;
3 – клавиатура; 4 – динамик; 5 – индикатор питания
Fig. 2. Front view of the autonomous generator-receiving unit of the complex:
1-SMA connector for connecting the receiving and transmitting antenna; 2-display;
3-keyboard; 4-speaker; 5-power indicator

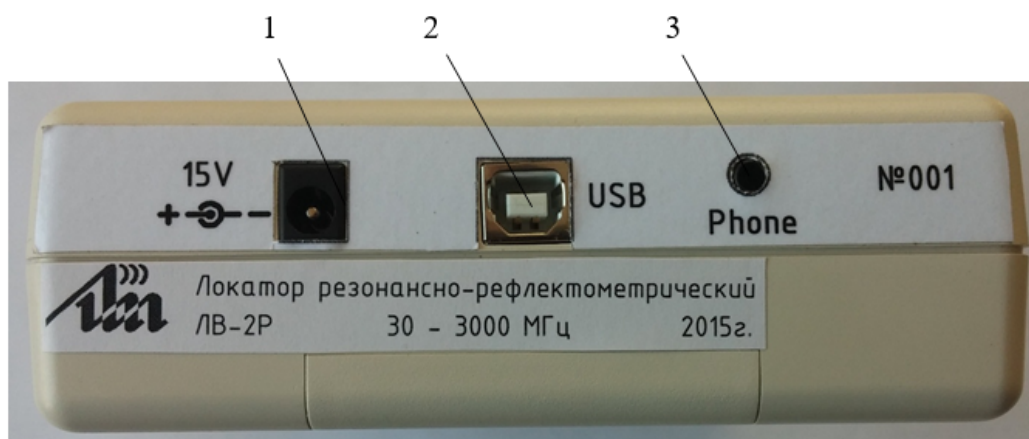


Рис. 3. Внешний вид сзади автономного генераторно-приемного блока комплекса:
1 – разъем для подключения внешнего источника питания; 2 – разъем USB для подключения к персональному компьютеру; 3 – разъем mini Jack Ø3,5 мм для подключения стереонаушников
Fig. 3. Rear view of the autonomous generator and receiver unit of the complex:
1-connector for connecting an external power source; 2-USB connector for connecting to a personal computer; 3-mini Jack connector Ø3.5 mm for connecting stereo headphones

Внешний вид окна специального программного обеспечения для детальной обработки информации, установленного на персональном компьютере, представлен на рис. 4.

Ольга В. Бойправ, Александр В. Потапович, Вадим А. Богущ, Леонид М. Лыньков
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛАСТИЧНЫХ И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ
НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ
ИНФОРМАЦИИ ОТ ПЕРЕХВАТА

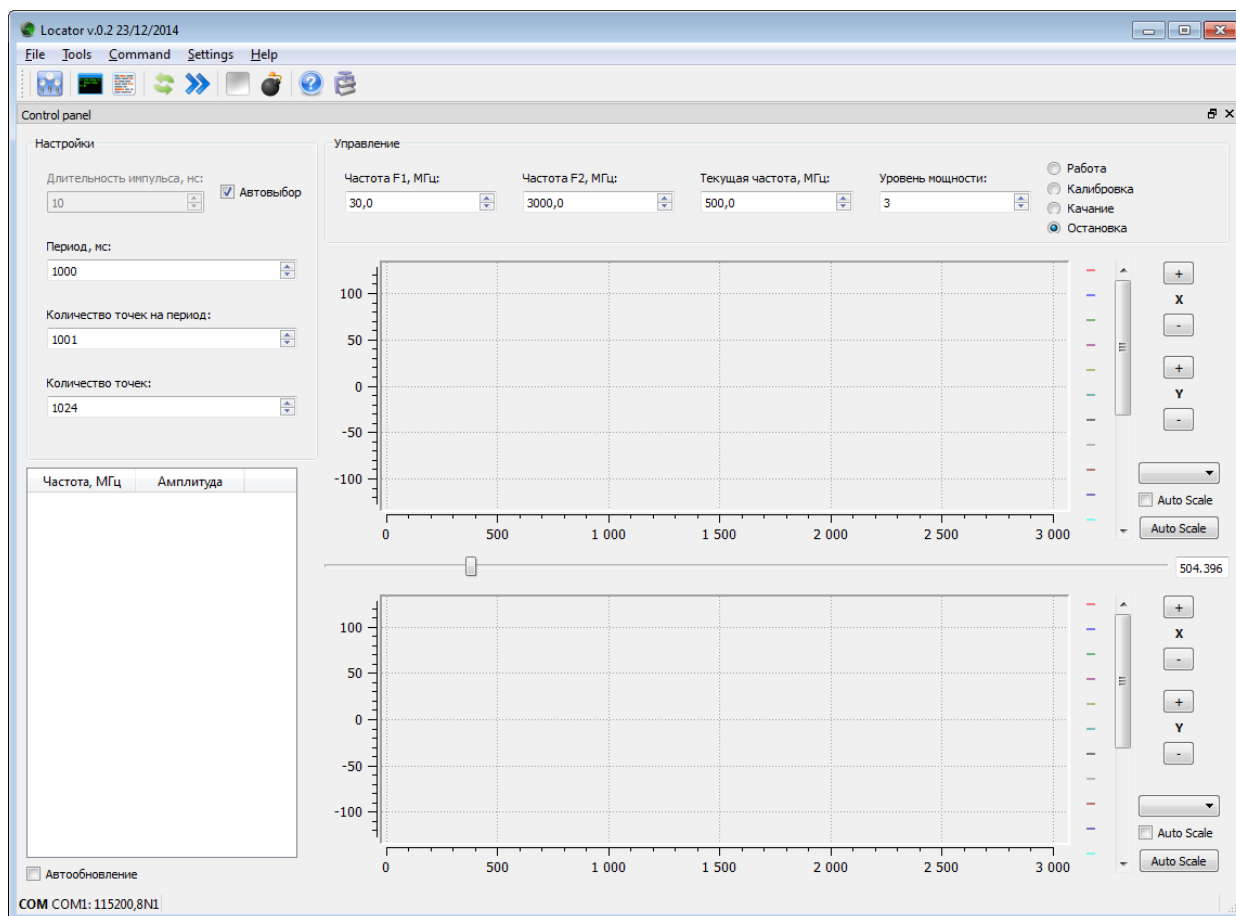


Рис. 4. Внешний вид окна программы специального программного обеспечения для детальной обработки информации

Fig. 4. Appearance of the program window of special software for detailed information processing

Внешний вид имитаторов устройств несанкционированного съема информации представлен на рис. 5.

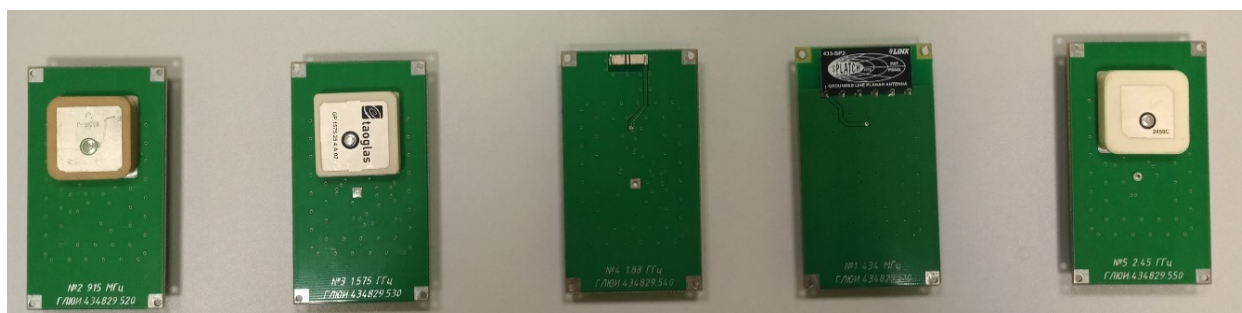


Рис. 5. Внешний вид имитаторов устройств несанкционированного съема информации

Fig. 5. Appearance of imitators of unauthorized information retrieval devices

Примененная для экспериментального обоснования методика включает следующие шаги.

Шаг 1. Соединение устройств комплекса в соответствии со схемой, представленной на рис. 6.

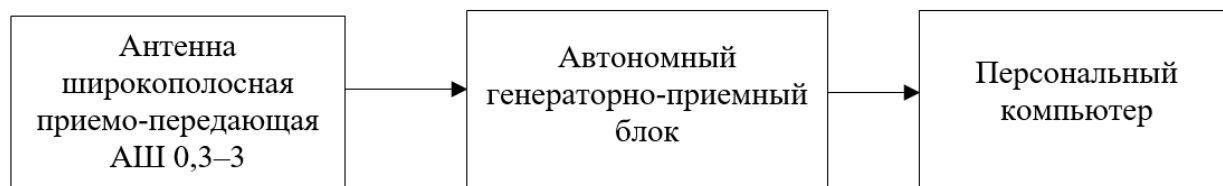


Рис. 6. Схема соединения устройств комплекса в ходе проведения экспериментального обоснования

Fig. 6. Connection diagram of the complex devices during the experimental study

Шаг 2. Размещение одного из имитаторов устройств несанкционированного съема информации на расстоянии 0,5 м от приемо-передающей антенны.

Шаг 3. Запуск автономного генераторно-приемного блока и специального программного обеспечения для детальной обработки информации, установленного на персональном компьютере с целью формирования коротких радиоимпульсов.

Шаг 4. Воздействие короткими радиоимпульсами на имитатор устройства несанкционированного съема информации.

Шаг 5. Регистрация с помощью автономного генераторно-приемного блока комплекса, подключенной к нему антенны широкополосной приемо-передающей и специального программного обеспечения для детальной обработки информации, установленного на персональном компьютере, сигнала, переизлученного имитатором устройства несанкционированного съема информации вследствие воздействия на этот имитатор короткими радиоимпульсами.

Шаг 6. Размещение исследуемого эластичного и воздухопроницаемого электромагнитного экрана поверх имитатора устройства несанкционированного съема информации.

Шаг 6. Повторная реализация шагов 4, 5.

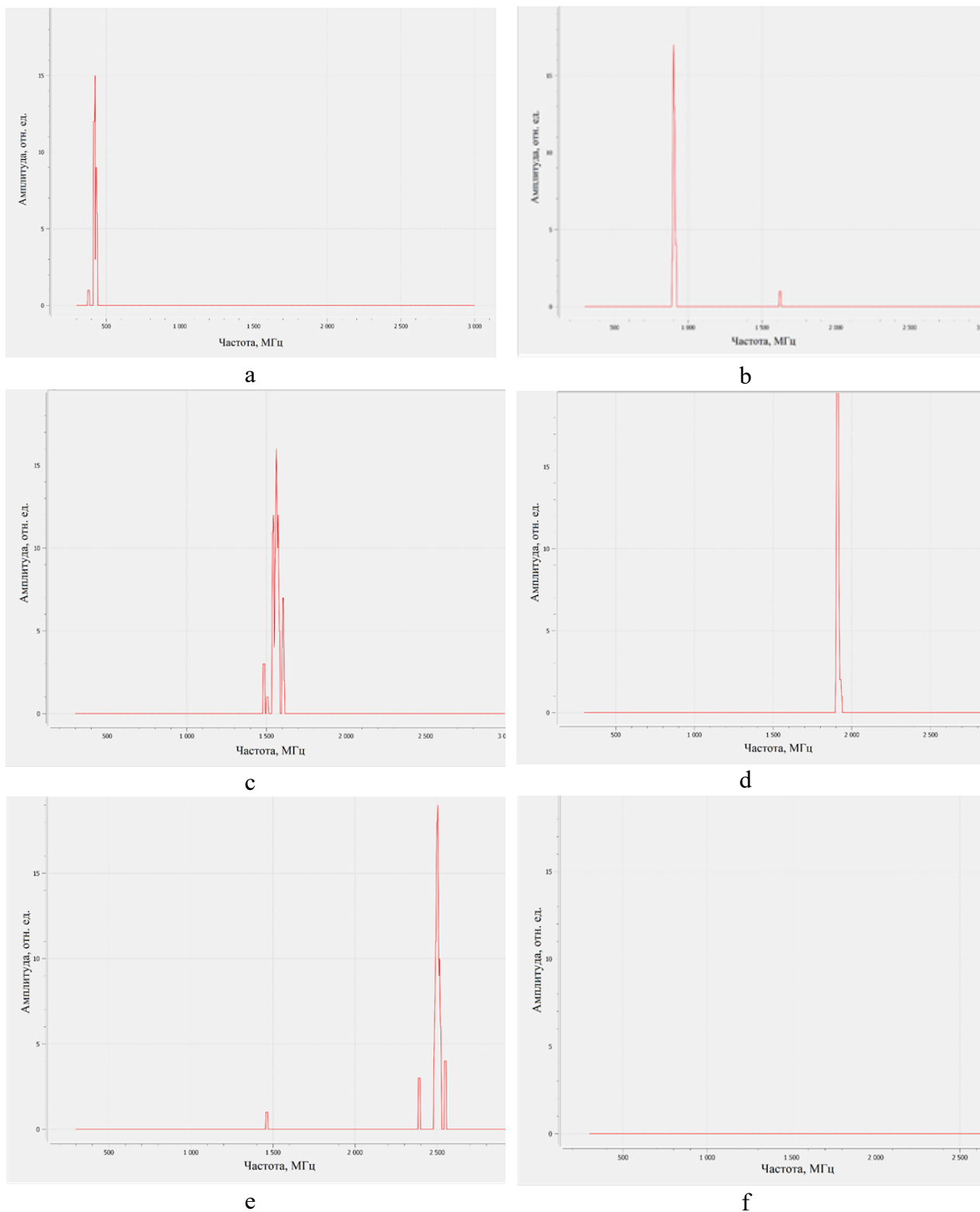
Шаг 7. Сравнительный анализ данных, полученных в результате реализации шагов 5 и 6.

2. Результаты и их обсуждение

На рисунках 7 (а, б, с, д, е) представлены частотные характеристики сигналов, переизлученных имитаторами №№ 1–5 вследствие воздействия на них короткими радиоимпульсами, сформированными с помощью автономного генераторно-приемного блока комплекса и подключенной к нему антенны широкополосной приемо-передающей. На рисунке 7f представлена частотная характеристика сигнала, переизлученного каждым из указанных имитаторов, зарегистрированного в условиях, при которых поверх них расположен эластичный и воздухопроницаемый электромагнитный экран, изготовленный в соответствии со способом, описанным в [3].

На основе результатов сравнительного анализа характеристик, представленных на рисунках 7 (а, б, с, д, е) и характеристики, представленной на рисунке 7f установлено, что эластичный и воздухопроницаемый электромагнитный экран, изготовленный в соответствии со способом, описанным в [3], обеспечивает снижение уровня сигнала, переизлучаемого имитаторами устройств несанкционированного съема информации вследствие воздействия на него короткими радиоимпульсами, до уровней, при которых этот сигнал не может быть зарегистрирован приемной антенной.

Ольга В. Бойправ, Александр В. Потапович, Вадим А. Богуш, Леонид М. Лыньков
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛАСТИЧНЫХ И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ
НА ОСНОВЕ ФОЛЬГИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ
ИНФОРМАЦИИ ОТ ПЕРЕХВАТА



*Рис.7. Частотные характеристики сигналов, переизлученных имитаторами:
(a – № 1, b – № 2, c – № 3, d – № 4, e – № 5, f – №№ 1–5, поверх которых размещен
электромагнитный экран)
Fig. 7. Frequency characteristics of the signal re-emitted by the simulators:
(a - No. 1, b - No. 2, c - No. 3, d - No. 4, e - No. 5, f - No. 1-5, on top of which an electromagnetic
shield is placed)*

Заключение

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что эластичные и воздухопроницаемые электромагнитные экраны, изготовленные в соответствии со способом, описанным в [3], могут быть использованы для обеспечения защиты информации от перехвата по прямому акустическому (с помощью закладных устройств) и параметрическому каналам. Для достижения обозначенной цели такие экраны следует закреплять на стенах помещений, в которых проводятся переговоры, предметом которых является информация ограниченного распространения. По сравнению с аналогами исследованные экраны характеризуются пониженной массой. Кроме того, процесс их изготовления характеризуется более низкими временными затратами по сравнению с процессом изготовления аналогов [10–14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бойправ О.В., Лыньков Л.М., Аль-Машатт Е. А.А., Абдулхади Х. Д.А. Эластичные электромагнитные экраны на основе комбинированных металлосодержащих элементов // Материалы XXIII научно-практической конференции «Комплексная защита информации», Суздаль, 22–24 мая 2018 г. С. 312–315. URL: <https://kzi.su/tezisy> (дата обращения: 01.03.2021).
2. Бойправ О.В., Лобунов В.В., Лыньков Л.М., Аль-Машатт Е. А.А. Исследование взаимодействия электромагнитного излучения инфракрасного диапазона длин волн с радиопоглотителями на основе металлосодержащих элементов // Авиационные материалы и технологии. 2020, № 2 (59). С. 89–94. DOI: <http://dx.doi.org/10.18577/2071-9140-2020-0-2-89-94>.
3. Лыньков Л.М., Богуш В.А., Бойправ О.В. Способ изготовления эластичного электромагнитного экрана и электромагнитный экран, изготовленный этим способом. Патент ВУ 23305. Оpubл. 28.02.2021.
4. Корнюшин П.Н., Костерин С.С. Информационная безопасность. Владивосток, 2003. – 155 с.
5. Зайчук А.В. Основные пути утечки информации и несанкционированного доступа в корпоративных сетях // Защита информации. 2004, № 4. С. 19–24. URL: <https://docplayer.ru/32716545-Osnovnyue-puti-utechki-informacii-i-nesankcionirovannogo-dostupa-v-korporativnyh-setyah.html> (дата обращения: 01.03.2021).
6. Хорев А.А. Технические каналы утечки акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2009, № 5. С. 12–26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13011605> (дата обращения: 01.03.2021).
7. Хорев А. А. Техническая защита информации. Т. 1. Технические каналы утечки информации. М.: НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.
8. Хорев А.А. Классификация электронных устройств перехвата информации // Спецтехника и связь. 2009. С. 46–49. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15187727> (дата обращения: 01.03.2021).
9. Алексеев В.В., Яковлев А.В., Моисеева М.В. Классификация акустических каналов утечки информации в помещениях офисного типа // Материалы международной конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронеж, 11–12 февраля 2016 г.
10. Heller R. Radar reflector. Patent CH 634691 A5. Publ. 15.02.1983.
11. Устименко Л.Г. Астахов М.В., Бурашова Т.И. и др. Защитное покрытие. Патент RU 2313869 С1. Оpubл. 27.12.2007.
12. Арбузов О.А., Бочаров А.В., Волков А.Г. и др. Слоистый защитный материал. Патент RU 2474628 С2. Оpubл. 10.02.2013.
13. Wonjun Lee, Cho Chang Min, Jun Seung Moon. Multilayer flexible electromagnetic wave absorber. Patent KR 101576070 B1. Publ. 10.12.2015.
14. Li Xiuhuan, Xu Zhengshuai, Xu Wei, Guo Haiyang, Zhu Wangqiang. Net-shaped layered-structure electromagnetic wave absorbing metamaterial. Patent CN 105762531 A. Publ. 13.07.2016.

REFERENCES:

- [1] Boiprav O.V., Lynkou L.M., Al-Mashatt E. A.A., Abdulhadi Kh. D.A. Elastic electromagnetic shields based on combined metal-containing elements. Materials of the XXIII scientific-practical conference “Complex information security”, Suzdal, 22–24 May 2018. P. 312–315. URL: <https://kzi.su/tezisy> (accessed: 01.03.2021) (in Russian).
- [2] Boiprav O.V., Lobunov V.V., Lynkou L.M., Al-Mashatt E. A.A. Research of interaction of infrared wavelength range electromagnetic radiation with radio-absorbent materials based on metal-containing

- elements. Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. P. 89–94. DOI: <http://dx.doi.org/10.18577/2071-9140-2020-0-2-89-94>.
- [3] Lynkou L.M., Bogush V.A., Boiprav O.V. Method of manufacturing an elastic electromagnetic shield and the electromagnetic shield made by this method. Patent BY 23305. Publ. 28.02.2021 (in Russian).
- [4] Korniyushin P.N., Kosterin S.S. Information security. Vladivostok, 2003. – 155 p. (in Russian).
- [5] Zaichuk A.V. The main ways of information leakage and unauthorized access in corporate networks. Information Security. 2004, no. 4. P. 19–24. URL: <https://docplayer.ru/32716545-Osnovnye-puti-utechki-informacii-i-nesankcionirovannogo-dostupa-v-korporativnyh-setyah.html> (accessed: 01.03.2021) (in Russian).
- [6] Khorev A.A. Technical channels of acoustic (speech) information leakage. Special equipment. 2009, no. 5. P. 12–26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13011605> (accessed: 01.03.2021) (in Russian).
- [7] Khorev A. A. Technical protection of information. Vol. 1. Technical channels of information leakage. M.: SPC “Analytica”, 2008. – 436 p. (in Russian).
- [8] Khorev A.A. Classification of electronic devices for intercepting information. Special equipment and communication. 2009. P. 46–49. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15187727> (accessed: 01.03.2021) (in Russian).
- [9] Alekseev V.V., Yakovlev A.V., Moiseeva M.V. Classification of acoustic channels of information leakage in office-type premises. Proceedings of the international conference “Informatics: problems, methods, technologies”, Voronezh, 11–12 February 2016 (in Russian).
- [10] Heller R. Radar reflector. Patent CH 634691 A5. Publ. 15.02.1983.
- [11] Ustimenko L.G. Astakhov M.V., Burashova T.I. et al. Protective coating. Patent RU 2313869 C1. Publ. 27.12.2007 (in Russian).
- [12] Arbuzov O.A., Bocharov A.V., Volkov A.G. et al. Layered protective material. Patent RU 2474628 C2. Publ. 10.02.2013 (in Russian).
- [13] Wonjun Lee, Cho Chang Min, Jun Seung Moon. Multilayer flexible electromagnetic wave absorber. Patent KR 101576070 B1. Publ. 10.12.2015.
- [14] Li Xiuhan, Xu Zhengshuai, Xu Wei, Guo Haiyang, Zhu Wangqiang. Net-shaped layered-structure electromagnetic wave absorbing metamaterial. Patent CN 105762531 A. Publ. 13.07.2016.

*Поступила в редакцию – 22 марта 2021 г. Окончательный вариант – 07 апреля 2021 г.
Received – March 22, 2021. The final version – April 07, 2021.*