



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2023.1.4>

УДК 621.396.67

ББК 32.88

## ВЫБОР РАДИОПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ ПО ЗАДАНЫМ КРИТЕРИЯМ

**Олеся Александровна Какорина**

Кандидат физико-математических наук, доцент,  
заведующая кафедрой информационной безопасности,  
Волгоградский государственный университет  
davletova.olesya@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Игорь Александрович Какорин**

Студент, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,  
Волгоградский государственный университет  
NMTb-191\_966997@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Александра Николаевна Панченко**

Студент, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения,  
Волгоградский государственный университет  
NMTb-201\_444654@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** От шумных городских центров до отдаленных горных вершин нас сопровождают электромагнитные сигналы. Эти несущие информацию волны заставляют большую часть нашего современного мира двигаться и функционировать должным образом. Но они также являются разрушительными. Огромное количество сигналов создает проблему радиопомех. Данная проблема решается радиочастотным и электромагнитным экранированием. Радиочастотное экранирование включает в себя экранирование устройства от сигналов, которые находятся в диапазоне частот, используемых для радиопередачи. Экранирование от электромагнитных помех включает в себя экранирование от более высоких частот, которые используются для приложений, выходящих далеко за рамки радиопередачи. Оба типа сигналов могут мешать работе электронных устройств, и многие устройства должны быть защищены от обоих. Материала и покрытия, которые используются для экранирования, сильно различаются по своим свойствам, экранирующей способности и цене. В работе рассмотрен программный комплекс, который позволяет по необходимым критериям выбрать соответствующее радиопоглощающее покрытие (РПП).

**Ключевые слова:** экранирующее покрытие, токопроводящая краска, радиопоглощающее покрытие, программный комплекс, радиочастотные сигналы.

Электромагнитные сигналы могут быть как преднамеренными, так и непреднамеренными, но независимо от намерений, стоящих за ними, они могут нарушить работу находящихся рядом электронных устройств. Например, без надлежащего радиочастотного экранирования некоторые электронные кабели могут терять свои сигналы, что приводит к ухудшению качества информации, проходящей по цепям устройства. Однако причины защищаться от радиопомех гораздо глубже и серьезнее. Например, радиочастотные сигналы (РЧ-сигналы) можно использовать для кражи доступа к чипам радиочастотной идентификации, используемым в биометрических паспортах и многих других устройствах. Кроме того, РЧ-сигналы могут создавать помехи для сотовых сетей, используемых для всех видов связи, а также для медицинских устройств, таких как аппараты МРТ. Помехи от РЧ-сигналов могут привести к неисправности устройств всех видов. Это означает, что у любого человека есть основания для беспокойства по поводу радиочастотных помех и принятия мер для защиты своего устройства и помещения [1–2; 4–5].

В данной статье разработан программный комплекс для подбора необходимого радиопоглощающего покрытия (РП), соответствующего определенным требованиям. Для примера было выбрано три РП: токопроводящая краска (экранирующее покрытие) с серебром на водной основе WATER BASED SILVER CONDUCTIVE COATING MG CHEMICALS 842WB SUPER SHIELD; токопроводящая краска (экранирующее покрытие) с медью и серебром на водной основе Water Based Silver Coated Copper Conductive Coating MG Chemicals 843WB Super Shield; токопроводящая краска (экранирующее покрытие) с никелем на водной основе Water Based Nickel Conductive Coating MG Chemicals 841WB Super Shield. Ранее были исследованы их свойства и преимущества, а также проведен их сравнительный анализ на основании выбранных критериев [3].

### Разработка формальной модели выбора наиболее подходящего РПП

Модель включает в себя 4 основных элемента:

1. Множество критериев  $K = \{k_1, \dots, k_{12}\}$ , а именно:

- $k_1$  – удельная магнитная проницаемость  $<1,0$ ;
- $k_2$  – адгезия к поликарбонату;
- $k_3$  – адгезия к поливинилхлориду;
- $k_4$  – адгезия к нейлону;
- $k_5$  – адгезия к нержавеющей стали;
- $k_6$  – малое удельное объемное сопротивление;
- $k_7$  – высокая экранирующая способность в диапазоне частот 10 ГГц – 18 ГГц;
- $k_8$  – высокая экранирующая способность в диапазоне частот 10 кГц – 100 кГц;
- $k_9$  – высокая экранирующая способность в диапазоне частот 100 кГц – 1 МГц;
- $k_{10}$  – широкий диапазон рабочих температур;
- $k_{11}$  – широкий диапазон кратковременных температур;
- $k_{12}$  – хранение при отрицательной температуре.

2. Множество РПП:  $S = \{s_1, s_2, s_3\}$ .

3. Подмножество  $K' \subset K$  выбранных критериев для определения подходящего РПП.

4. Матрица  $E$  соответствия РПП и критериев, где  $e_{ij} = 1$ , если РПП  $s_i$  соответствует критерию  $k_j$ .

Методика выбора, подходящего РПП содержит следующие шаги:

1. Выбор необходимых критериев  $K' \subset K$ .

2. Расчет показателя РПП  $B$  по следующей формуле:  $B_i = \frac{\sum_{j=1}^n k'_{ij}}{n}$ , где  $n$  – число за-

действованных критериев,  $k'_{ij}$  – значение  $j$ -го выбранного критерия для  $i$ -го РПП.

3. Выбор наиболее подходящего РПП с наибольшим показателем.

### Разработка архитектуры программы выбора наиболее подходящего РПП

Архитектура программы для подбора подходящего РПП представлена на рисунке 1 и состоит из четырех модулей:

1. Модуль выбора критериев. Отвечает за проведение выбора пользователем критериев и подбор наиболее подходящего РПП.

2. Модуль оценки. Формирует порядок РПП по мере соответствия выбранным критериям.

3. Пользовательский интерфейс. Предоставляет пользователю управление программой.

4. Модуль вывода результатов.



Рис. 1. Архитектура программы выбора подходящего РПП

**Разработка алгоритма работы программы выбора наиболее подходящего РПП**

Был разработан алгоритм работы программы выбора наиболее подходящего РПП. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2 и состоит из:

1. Выбор критериев, по которым будет происходить оценка РПП (блок 2).
2. Определение значений критериев по введенным данным с использованием п. 2.1 (блок 3).
3. Расчет подходящего РПП по формуле 1 (блок 4).
4. Выбор РПП с наибольшим показателем (блок 5).
5. Вывод на экран подходящего РПП (блок 6).

**Разработка интерфейса программы выбора наиболее эффективного средства защиты АСУ ТП**

Был разработан интерфейс программы выбора наиболее подходящего РПП (см. рис. 3). На панели интерфейса расположены:

1. Блок выбора критериев, который определяет перечень критериев, по которым будет происходить подбор наиболее подходящего РПП.
2. Кнопка «Найти наиболее подходящее покрытие», по нажатию которой происходит выбор РПП по заранее выбранным критериям в Блоке 1.
3. Область результата, отображающего тот РПП, который программа считает наиболее

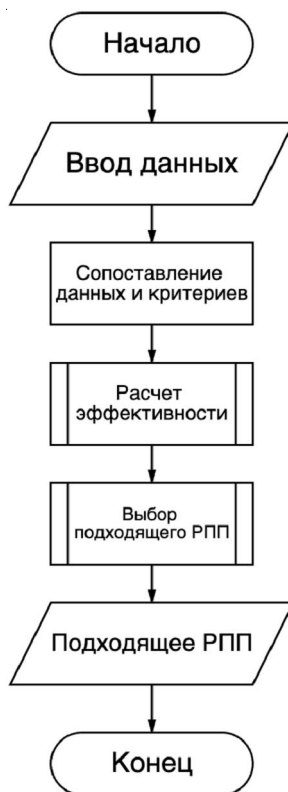


Рис. 2. Алгоритм программы выбора эффективного средства защиты АСУ ТП

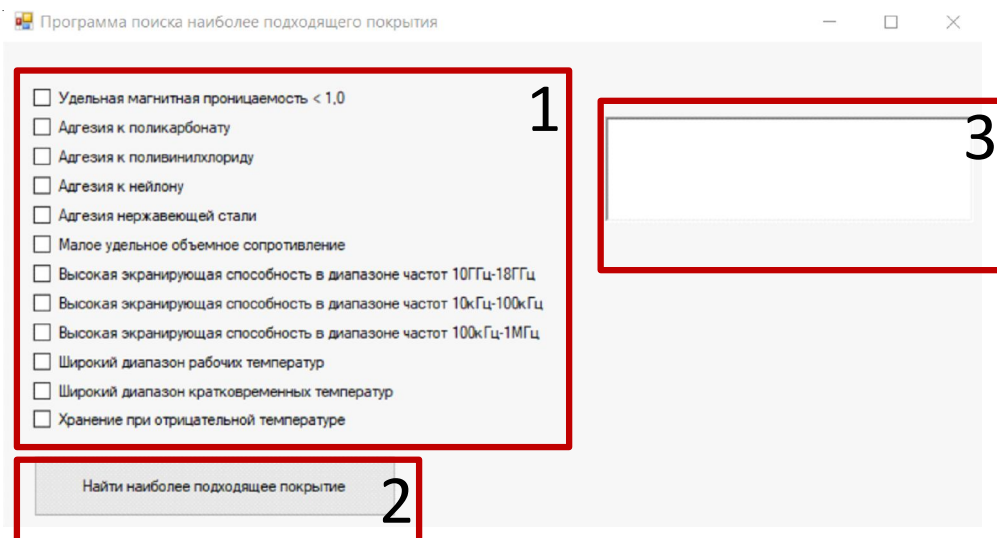


Рис. 3. Интерфейс программного комплекса

лее подходящим для выбранных в конкретном случае критериев.

### Заключение

Для конкретной реализации защиты объекта информатизации с использованием РПП более эффективными могут оказаться другие радиопоглощающие покрытия. Математическая модель для выбора наиболее подходящего радиопоглощающего покрытия, используемая в данном программном комплексе, позволяет легко адаптировать программу под любое покрытие или материал и внести необходимые критерии выбора.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибиков, С. Б. Диэлектрические свойства и СВЧ-проводимость пористых радиопоглощающих материалов / С. Б. Бибиков, О. Н. Смольникова, М. В. Прокофьев // Радиотехника. – 2011. – № 3. – С. 62–71.
2. Казанцева, Н. Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н. Е. Казанцева, Н. Г. Рывкина, И. А. Чмутин // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48, № 2. – С. 196–209.
3. Какорина, О. А. Сравнительный анализ радиопоглощающих покрытий / О. А. Какорина, И. А. Какорин, А. Н. Панченко // НБИ технологии. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 22–26. – DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2022.3.4>

4. Разработка радиопоглощающего покрытия для решения задач информационной безопасности / О. А. Какорина [и др.] // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сб. тр. Междунар. науч. конф. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2021. – С. 1521–1524.

5. Розанов, К. Н. Применение нелинейных и активных материалов для создания широкополосных радиопоглотителей / К. Н. Розанов, Е. А. Преображенский // Успехи современной радиоэлектроники. – 2003. – № 3. – С. 26–40.

### REFERENCES

1. Bibikov S.B., Smolnikova O.N., Prokofiev M.V. Dielektricheskie svojstva i SVCh-provodimost poristyh radiopogloshhajushhih materialov [Dielectric Properties and Microwave Conductivity of Porous Radio-Absorbing Materials]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering], 2011, no. 3, pp. 62-71.
2. Kazantseva N.E., Ryvkina N.G., Chmutin I.A. Perspektivnye materialy dlja poglotitelej elektromagnitnyh voln sverhvysochastotnogo diapazona [Perspective Materials for Absorbers of Electromagnetic Waves of Ultrahigh Frequency Range]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering], 2003, vol. 48, no. 2, pp. 196-209.
3. Kakorina O.A., Kakorin I.A., Panchenko A.N. Sravnitelnyj analiz radiopogloshhajushhih pokrytij [Comparative Analysis of Radio-Absorbing Coatings]. *NBI tehnologii* [NBI Technologies], 2022, vol. 16, no. 3, pp. 22-26.
4. Kakorina O.A., Zaporotskova I.V., Kakorin I.A., Panchenko A.N. Razrabotka radiopogloshhajushhego pokrytija dlja reshenija zadach informacionnoj bezopasnosti [Development of

a Radio-Absorbing Coating for Solving Problems of Information Security]. *Aktualnye problemy prikladnoj matematiki, informatiki i mehaniki: sb. tr. Mezhdunar. nauch. konf.* [Actual Problems of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics. Collection of Papers of the International Scientific Conference]. Voronezh, Voronezh. gos. un-t, 2021, pp. 1521-1524.

5. Rozanov K.N. Preobrazhensky E.A. Primenenie nelinejnyh i aktivnyh materialov dlja sozdanija širokopolosnyh radiopoglotitelej [Application of Nonlinear and Active Materials for Broadband Radio Absorbers]. *Uspehi sovremennoj radioelektroniki* [The Successes of Modern Radio Electronics], 2003, no. 3, pp. 26-40.

## **SELECTION OF RADIO-ABSORBING COATING ACCORDING TO THE SPECIFIED CRITERIA**

**Olesya A. Kakorina**

Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor,  
Head of the Department of Information Security,  
Volgograd State University  
davletova.olesya@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Igor A. Kakorin**

Student, Department of Forensic Science and Physical Materials Science,  
Volgograd State University  
NMTb-191\_966997@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Alexandra N. Panchenko**

Student, Department of Forensic Science and Physical Materials Science,  
Volgograd State University  
NMTb-201\_444654@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** From noisy urban centers to remote mountain peaks, we are accompanied by electromagnetic signals. These information-carrying waves cause much of our modern world to move and function properly. But they are also destructive. The sheer number of signals creates a problem of radio interference. This problem is solved by radio frequency and electromagnetic shielding. RF shielding involves shielding a device from signals that are in the frequency range used for radio transmission. Shielding against electromagnetic interference involves shielding against higher frequencies, used for applications that go far beyond radio transmission. Both types of signals can interfere with the operation of electronic devices, and many devices must be protected from both. The materials and coatings used for shielding vary greatly in their properties, shielding capacity, and price. The paper considers a software package that allows, according to the necessary criteria, to select the appropriate radio-absorbing coating.

**Key words:** shielding coating, conductive paint, radio-absorbing coating, software package, radio frequency signals.