

А.И. Ольшанский

**Современные способы защиты от электромагнитных полей.
Перспективные экранирующие материалы класса «Новафор».**

ООО «ЛАОТЭК», АНО «Городской медико-социальный Центр».

Коды государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ) статьи: 76.33.33 Коммунальная гигиена и гигиена окружающей среды. 86.33 Охрана труда по источникам опасности и методам защиты. 87.55.33 Электрические и магнитные поля и излучения. Исследование полей и излучений. Методы и средства борьбы.

Обзор

Экранирование электромагнитных полей (ЭМП) является актуальной задачей защиты здоровья, информационной безопасности, электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии жилых помещений, защиты помещений для серверов и/или электронного оборудования.

Быстрое развитие телевидения и радиосвязи, мобильной сотовой связи, Интернета - вызывает все большее "загрязнение" окружающей среды. Весомый вклад вносят также бытовые электроприборы, электротранспорт и, безусловно, компьютеры. Наведенные электромагнитные поля все чаще вызывают сбои в работе ИТ-оборудования, влияют на качество связи. Одновременно с этим, существует реальная возможность, с помощью специальной аппаратуры используя побочные электромагнитные излучения и наводки (*т.н. ПЕМИН*) электронных приборов, снимать конфиденциальную информацию с серверов, вмешиваться в работу информационных систем, прослушивать переговоры или уничтожать данные на электронных носителях умышленно, а также по неосторожности.

Единственным физически обоснованным и надежным способом защиты от данных видов угроз является специальное экранирование компьютерных помещений или установка электронной техники в экранированные кабины. При кажущейся внешней простоте, данное решение позволяет, при учете особенностей распространения радиоволн и квалифицированном исполнении экраносоружения, добиться существенного ослабления фонового сигнала. Защитное экранирование помещений позволяет, кроме того, исключить вредное влияние на человека сильных электромагнитных полей от различных радиопередающих устройств и других средств электромагнитного излучения.

Мы углубленно изучаем новые научно-практические способы существенного ослабления воздействия электромагнитных полей, создаваемых какими-либо источниками, как на человека, так и на радиоэлектронные приборы. Традиционно для создания электромагнитного экрана или экранированного объема чаще применяются материалы в виде стальных, медных, алюминиевых листов, фольги. В последние годы применяются более современные гибкие композитные материалы в виде сетки, ткани или пленки. Например, запатентованные нами универсальные композитные материалы класса «Новафор» [1-6].

Экранирование технических средств обработки информации и помещений, в которых происходит прием, передача и обработка конфиденциальной информации, позволяет снизить уровни электромагнитных излучений до заданных величин.

Мы разрабатываем полный диапазон специального оборудования, такого как **экранированные двери и окна, комнатные экраны и сборно-разборные экранированные кабины, электрические фильтры, фильтры сигнализации, вентиляционные фильтры**, а также **экранирующие материалы по линии ЭМС**.

Данная тема весьма многоплановая, но, прежде всего, экранирование ЭМИ - это основа экологической безопасности и одно из самых действенных средств пассивной защиты объекта от утечки информации по техническим каналам.

Применение качественных электромагнитных экранов, например, на основе **композиционного материала класса Новафор** позволяет решать задачи эффективной защиты по электрической и магнитной составляющим поля объектов обработки, приема-передачи конфиденциальной информации; отдельных технических средств и компонентов вычислительной техники; приемной и радиопередающей техники; технических средств (ТС), имеющих повышенные уровни электромагнитных излучений; ТС, к которым предъявляются жесткие требования по уровням взаимных помех; ТС, создающих проблемы электромагнитной совместимости и проблемы промышленных помех; задачи защиты персонала от повышенного уровня электромагнитных полей; задачи обеспечения надлежащей экологической обстановки вокруг работающих электроустановок и СВЧ-устройств и т.д.

Потребность в применении качественных электромагнитных экранов возникает практически во всех отраслях промышленности и у большого количества субъектов производственно-хозяйственного комплекса. В области информационной безопасности также существуют задачи, связанные с экранированием ЭМИ.

Так как защита информации от утечки - проблема, требующая постоянного внимания и своевременного качественного разрешения независимо от формы собственности предприятия или финансового и социального положения человека, на страницах специализированных изданий ей уделяется особое внимание. **Однако большинство авторов статей, касаясь средств защиты информации от утечки по техническим каналам (средств защиты технических средств обработки закрытой информации, а также помещений, в которых обрабатывается такая информация), рассматривает исключительно активные методы защиты, которые заключаются в сокрытии информативных сигналов за счет шумовой или заградительной помехи с помощью генераторов шума или постановщиков помех.**

В связи с бурным развитием в мире новейших технологий и производств технических средств различного назначения, включая средства приема-передачи и обработки информации, активные технические средства защиты информации быстро устаревают. При этом более мощная современная техника не может не наносить урон здоровью своих пользователей.

В сложившихся условиях нам представляется наиболее эффективным, долговечным, экологически чистым и абсолютно безвредным для пользователей **использование новых отечественных пассивных средств защиты информации** от утечки по техническим каналам, а именно - экранирование электромагнитных излучений, создание систем экранирования помещений, в которых обрабатывается закрытая информация, и систем экранирования технических средств обработки закрытой информации и их компонентов.

Так, например, экранирование помещений, в которых присутствуют элементы телекоммуникационных сетей, системы информационного обеспечения, контроля и управления, отдельные технические средства, а также помещений, используемых для приема, обработки и передачи конфиденциальной информации, позволит:

- защитить объект от несанкционированного съема информации по радиоканалу, каналу ПЭМИН, электроакустическому каналу;
- усилить защиту объекта от специально организованных, с применением различных технических средств, каналов утечки информации;
- устранить выход за пределы помещения информативных электромагнитных излучений и наводок излучающих компонентов оргтехники, оборудования и интерьера помещения;
- защитить находящихся в помещении пользователей, оргтехнику, радиоэлектронное оборудование от поражающего воздействия оружия направленной энергии.
- обеспечить биологическую защиту находящихся в помещении пользователей от воздействия повышенного уровня электромагнитных полей и направленных электромагнитных излучений;

Многозначность и сложность задач, существующих в области информационной безопасности, требуют применения многофункциональных качественных экранированных объемов и конструкций, предназначенных для работы в широком диапазоне частот с высоким коэффициентом экранирования и предусматривающих различные варианты использования.

Для производства таких экранированных объемов разработаны новые высокоэффективные радиоэкранирующие материалы: легкие, гибкие, удобные в монтаже. В том числе и материалы класса «Новафор». Из них могут изготавливаться рулонные гибкие экраны; рулонные тканые экраны; рулонные магнитные экраны; плитные оптически прозрачные экраны; гибкие оптически прозрачные экраны; рулонные экраны для защиты кабелей; экраны для защиты элементов ПК и РЭП.

Например, вес 1 кв.м. мягких электромагнитных экранов - от 0,2 кг; толщина мягкого электромагнитного экрана - от 0,8 мм. Вес 1 кв.м. рулонного оптически прозрачного экрана - от 0,5 кг; толщина рулонного оптически прозрачного экрана - от 0,7 мм, а коэффициент светопропускания - не менее 80%.

Плитные конструкционные оптически прозрачные экраны могут быть созданы на базе стекла (коэффициент светопропускания - не менее 75, коэффициент экранирования не менее 30 дБ в диапазоне частот - 30 МГц - 40 ГГц. Вес - не более 18 кг/ кв.м.).

Подобные материалы позволяют создавать эксклюзивные электромагнитные экраны для обеспечения потребностей любой из отраслей промышленности и производить многофункциональные высокоэффективные в широком диапазоне частот (от 50 Гц до 100 ГГц и более) мобильные экранированные объемы, такие как:

- портативные экранированные камеры;
- мобильные экранированные объемы и элементы;
- быстроразворачиваемые экранированные рабочие модули;
- оптически прозрачные экранированные модули и др.

Область применения экранированных помещений, объемов и конструкций велика. Благодаря появлению мобильных экранированных объемов стала

возможной защита от повышенного уровня электромагнитных излучений любых технических средств и объектов, включая временно занимаемые (арендуемые) помещения; у пользователей появилась возможность самостоятельно оборудовать техническое средство, требующее защиты; быстро разворачивать экранированные укрытия как на открытой площадке, так и внутри помещения.

Более того, универсальные мобильные экранированные объемы могут изготавливаться в соответствии с техническими и габаритными требованиями конкретного заказчика.

Если говорить об эффективной защите серверных помещений в офисах, решение таких задач требует обеспечение специализированной комплексного экранирования, как в других случаях, **в соответствии со специальными требованиями и нормативами документами***:

Раньше для экранирования от электромагнитных излучений помещений, например, для размещения серверов, электронного оборудования и т.д., - изготавливали стальные панели толщиной 1,2-2,0 мм. Панели соединялись между собой контактной сваркой, а затем проваривались сплошным швом. Для предотвращения коррозии металла панели окрашивали с обеих сторон. Так, например, была разработана экранированная кабина типа "Гарант", на которую было получено ТУ У31.6-24248667-004:2008. Несмотря на её дороговизну, конструкция кабины позволяет осуществлять ее монтаж в помещении без применения сварки, что позволяет, при необходимости, разобрать и перевезти ее на другой объект, где собрать заново. Такие кабины являлись приемлемым решением для защиты серверов в отделениях банков и фирм, в том числе и в тех, которые расположены в арендованных помещениях.

Следует отметить, что независимо от выбора материалов, система вентиляции экрансооружений имеет входной и выходной каналы. Эффективность электромагнитного экранирования достигается при помощи сотовых отверстий (волноводных фильтров). Система воздухообмена осуществляется кондиционером, внутренний блок которого должен размещаться вне помещения и путем воздуховодов осуществляется охлаждение воздуха. В экран помещения воздуховоды подсоединяются через диэлектрическую вставку и волноводный фильтр. Все линии электропитания, пожарной и охранной сигнализации фильтруются, разводка по помещению осуществляется в трубах или экранированной оплетке. Все линии локальной сети заводятся в металлических трубах, на концах труб устанавливаются специальные фильтры с радиопоглощающим материалом. Силовые и информационные вводы в помещение осуществляются через специальные фильтры.

Измерения затухания ПЕМИН (аттестация экрансооружений) производится после монтажа и по итогам обычно выдается протокол измерений и паспорт помещения.

Одним из путей проникновения электромагнитных помех во вторичные цепи является наличие емкостной и/или индуктивной связей между цепями. Ослабление связи достигается экранированием электромагнитных полей. Для ослабления электрического поля обычно используются конструкции из высокопроводящих материалов. Ослабление магнитного поля производят с помощью экранов из ферромагнитных материалов. Высокочастотные поля экранируют ферромагнитными материалами, либо высокопроводящими немагнитными материалами.

Как правило, такие материалы являются достаточно дорогими, поэтому экранирование помещений является дорогостоящим решением.

В последнее время появились композиционные материалы, которые могут быть эффективным и достаточно дешевым решением.

Настоящая работа посвящена исследованию экранирования с помощью прототипа композиционного материала «Новафор» на базе известного резистивного композита «ЭКОМ».

1. Прототип

Прототипом являлся композиционный материал «ЭКОМ», который состоит из трех мелкодиспергированных компонентов: графит, окись железа, корунд и одного жидкого компонента: ортофосфорная кислота. Для усиления подавления ЭМП в материале желательно иметь более высокую электропроводность и магнитную проницаемость. С этой целью необходимо добавить компоненты, имеющие высокие магнитную проницаемость и электропроводность. При этом просто добавление графита неэффективно, т.к. сопровождается уменьшением механической прочности материала. Было предложено добавление железной руды на основе Fe_3O_4 , SiO_2 , Al_2O_3 в качестве магнитного компонента ($\mu \sim 20$) и графита, в качестве электропроводного элемента. При этом механическая прочность обеспечивалась дополнительными технологическими операциями: плитки из базового материала перемальвались, к перемолу добавляли графит и ортофосфорную кислоту [7]. Было получено, что ослабление электрического поля довольно значительно.

2. Эксперимент

Методика измерений с помощью устройства "Защита" была аналогичной изложенной в [7]. Результаты представлены в таблице 1.

Табл. 1.

Образец	Толщина, мм	Удельное сопр., мОм.м.	Ослабление магнитного поля, дБ на частоте, МГц					Ослабление электрического поля, дБ на частоте, МГц			
			1	5	10	20	30	0,1	1	10	30
121	5.2	5	0.7	3.1	7.5	15	26	>90	80	64	55
122	0.9	21	0.5	3	7	13	22	72	54	39	33
125	9.5	2450	0.5	3	6	11	14	18	8	0	0
127	6.5	8.2	0.5	3	7	14	25	80	66	49	44

3. Аналитика

Анализируя полученные данные можно заметить, что появилось ослабление магнитного поля в области низких частот. Это указывает, в том числе, на ферромагнитные свойства композиции. Конкретное значение магнитной проницаемости трудно определить из этих данных. Оценку проще сделать, используя известное выражение для расчета эффективной проводимости матричных композиционных материалов [8].

$$m = m_m \cdot \frac{1 + A \cdot B \cdot V_m}{1 - B \cdot \Psi \cdot V_m}$$

$$B = \frac{m_m - 1}{m_m + A}$$

$$\Psi = 1 + \frac{1 - p_m}{P_m^2} \cdot V_m$$

(1)

где V_m -объемная доля руды, A - характеризует форму частиц, $A=1.5$ для сфер, $A=3$ для частичек нерегулярной формы с минимальной поверхностью, $A=4$ для пластинок и чешуек различной формы. P_m - максимально возможная объемная доля фазы, характеризующая укладку и форму частиц. Здесь матрицей являются неферромагнитные компоненты материала, а руда является наполнителем. Ее объемное содержание, например, для самого лучшего образца 125 составляло примерно 0.5. Для этого случая эффективная магнитная проницаемость композита, согласно (1), должна составлять примерно 3.

Нарастание коэффициента затухания магнитного поля и ослабление коэффициента затухания электрического поля с ростом частоты вполне очевидно, это связано с переходом из электростатического и магнитостатического режимов в электромагнитный режим экранирования. Действительно, самые высокие коэффициенты затухания в области высоких частот имеют образцы с меньшим удельным сопротивлением и с меньшей глубиной скин-слоя. А в экспериментах с самым высокоомным образцом 125 высокочастотное ослабление электрического поля не зафиксировано. Оценим глубину скин-слоя для образца 125. Глубина проникновения поля в проводящей среде определяется магнитной проницаемостью μ , частотой ω , проводимостью σ :

$$l = \sqrt{\frac{2}{m_0 \cdot m \cdot S \cdot \omega}} \quad (2)$$

Полное затухание поля определяется отражением P на границе сред и поглощением A в материале образца. Для волнового режима коэффициент затухания вследствие отражения определяется соотношением $K=Z_0/Z_e$ из выражения [9]

$$P = 20 \lg \frac{|(1 + K^2)|}{4|K|} \quad (3)$$

а коэффициент ослабления вследствие поглощения можно определить по выражению $A=8.7 \cdot h/\lambda$ (4)

Для частоты 30 МГц значение λ составляет 3.7 мм. Если стенка экранирующей плитки находится в дальней зоне источника, то волновое сопротивление пространства $Z_0 = 377$ Ом, а волновое сопротивление плитки $Z_e = \sqrt{2}/(\sigma\lambda)$ на частоте 30 МГц для лучшего образца составит $Z_e \approx 1.9$ Ом, соответственно коэффициенты затухания для образца 371 должны были составлять примерно $A=14.5$, $P=46$. На самом деле, волновое сопротивление пространства в квазистатических режимах имеет существенно разные значения для электростатического и магнитостатического режимов. Поэтому коэффициент затухания вследствие отражения имеет существенно меньшие значения. Если считать расстояние от источника до экрана примерно 1 мм, то коэффициент отражения по электрической составляющей должен составлять более 90, а коэффициент отражения по магнитной составляющей примерно 8. Оценки отражения по электрической составляющей явно не соответствуют эксперименту. Тогда как суммарное ослабление по магнитному полю $P+A \approx 22.5$ незначительно отличается экспериментального значения 26.

В композиционном материале коэффициент отражения может иметь особенности. В частности в нем должен проявиться размерный эффект, при котором коэффициент отражения будет значительно меньше, по сравнению с отражением от гомогенного материала с той же проводимостью. Рассмотрим скин-эффект в дисперсном материале, составленном из композиции проводящего и непроводящего порошковых материалов. Выталкивание тока в тонкую приповерхностную область должно привести к новому эффекту. Дело в том, что в композиционном материале, при изменении концентрации проводящей компоненты, ток изменяется немонотонно. При низком значении концентрации электропроводность мала, а при некотором значении, называемом порогом проводимости, происходит ее резкий рост на несколько порядков. При трехмерном

протекании пороговая концентрация значительно ниже, чем при двухмерном протекании [10]. Выбирая фактическую концентрацию таким образом, чтобы она была выше "объемного" порога протекания, но ниже "поверхностного" порога протекания, можно получить, что удельное сопротивление материала вблизи поверхности будет значительно выше, чем объемное удельное сопротивление. Это должно привести к особенностям не только отражения, но и поглощения ЭМП.

Выводы

Высокоперспективным является дальнейшее изучение свойств нового композиционного материала класса «Новафор» (в сравнении с прототипами). Новый материал обладает достаточно высоким поглощением, как по магнитной, так и по электрической составляющим ЭМП. Анализ поведения композиционного материала под действием полей показывает, что он может обладать аномалиями в коэффициентах отражения и поглощения. Модификации подобного материала могут найти широкое применение при решении задач электромагнитной совместимости в ряде областей, в частности при создании безэховых помещений** и др.

Примечание*

1) СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (ЭМИ РЧ).

7.4. Экранирование источников ЭМИ РЧ или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных). Отражающие экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микропроводом и др. (приложение 3).

В поглощающих экранах используются специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения соответствующей длины волны. В зависимости от излучаемой мощности и взаимного расположения источника и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным (замкнутая камера, щит, чехол, штора и т.д.).

7.5. При изготовлении экрана в виде замкнутой камеры вводы волноводов, коаксиальных фидеров, воды, воздуха, выходы ручек управления и элементов настройки не должны нарушать экранирующих свойств камеры.

7.6. Экранирование смотровых окон, приборных панелей проводится с помощью радиозащитного стекла. Для уменьшения просачивания электромагнитной энергии через вентиляционные жалюзи последние экранируются металлической сеткой, либо выполняются в виде заградительных волноводов.

7.7. Уменьшение утечек энергии из фланцевых сочленений волноводов достигается путем применения "дрессельных фланцев", уплотнения сочленений с помощью прокладок из проводящих (фосфористая бронза, медь, алюминий, свинец и другие металлы) и поглощающих материалов, осуществления дополнительного экранирования.

2) Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот. (утв. Главным Санитарным врачом СССР 30 марта 1970 г. N 848-70 с изменениями от 8 февраля 1978 г.)

** Безэховая камера представляет собой замкнутый электромагнитный экран, внутренние поверхности которого имеют обычную или специальную форму и полностью или частично покрыты РПМ. Внутренняя полость безэховой камеры разделена на две зоны:

часть камеры в которой максимально ослаблены паразитные поля, называемую безэховой зоной (зоной молчания, рабочей зоной), внутри которой производятся измерения; другая часть камеры является зоной излучения, где размещаются передающие устройства.

Литература

1. А.И. Ольшанский. Патент РФ на изобретение № RU 2008114856.
2. А.И. Ольшанский. Патент РФ на изобретение № RU 2008115285.
3. А.И. Ольшанский. Патент РФ на изобретение № RU 2299057.
4. А.И. Ольшанский. Патент РФ на изобретение № RU 2379066.
5. А.И. Ольшанский. Патент РФ на ПМ № RU 76803.
6. A. I. Olshanskiy. COMPOSITE MATERIAL, PACKAGE AND CARRIER MADE ON THE BASIS OF THE COMPOSITE MATERIAL AND METHOD OF PRODUCING THE COMPOSITE MATERIAL. PCT/RU2009/000177. 14.04.2009 г.
7. Сарин Л.И., Белокуров Е.М., Емельянов Н.И., Ильиных М.В., Хохлов В.М. Материалы для экранирования электромагнитных полей на основе железофосфатного связующего. Тез. докл. научно-техн. конференции "Создание и использование новых перспективных материалов для радиоэлектронной аппаратуры и приборов", Москва, ГУП ВИМИ, 2000, стр. 85-86.
8. Наполнители для полимерных композиционных материалов. Спр. пособие/Под ред. Г.С.Каца и Д.В.Милевски.- М.:Химия, 1981, 736 с.
9. Шваб А. Электромагнитная совместимость: Пер. с нем. В.Д.Мазина и С.А. Спектора 2-е изд., перераб. и доп./Под ред. Кужекина И.П. М.: Энергоатомиздат, 1998, 480 с.
10. Неймарк А.В. Электрофизические свойства перколяционного слоя конечной толщины, ЖЭТФ, т.98, в.2, 1990, стр. 611-626.
11. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (ЭМИ РЧ).
12. В. Н. Коваленко, Д.Н. Владимиров, Е. Н. Хандогина. Многофункциональные мобильные экранированные объемы. Технологии оборудование материалы", апрель-июнь 2003.
13. С.М. Коробейников, Л.И. Сарин, В.М. Хохлов. Экранирующий материал для защиты от ЭМП. Москва, ГУП ВИМИ, 2005.
14. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ГОСТ 30372-95. ГОСТ Р 50397-92. УДК 621.38.001.4: 006.354. Группа Э00
СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ. Термины и определения. Electromagnetic compatibility for electronic equipment. Terms and definitions. ОКСТУ 3401, 6301, 6501.
15. ГОСТ Р 50414-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний. Electromagnet compatibility of technical means. Test equipment. Shielded chambers. Classes, general parametres, technical requirements and test methods.
16. Документ SP-3-0092: (Стандарт ТИА-942, редакция 7.0, февраль 2005)
Телекоммуникационная инфраструктура Центров Обработки Данных. Скачать стандарт ТИА-942