

УДК 537.531

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ

Юлия Михайловна Аксеновская

ассистент

aksenovskaya.1973@mail.ru

Алексей Васильевич Аксеновский

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

nokey2002@mail.ru

Андрей Алексеевич Хохлов

студент

garlic12@gmail.com

Павел Юрьевич Морозов

студент

mrzpvl04@gmail.com

Павел Олегович Некрасов

магистрант

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. История защиты от электромагнитных полей (ЭМП) начинается в 19 веке с изобретения клетки Фарадеем. Это был первый опыт по защите от ЭМП. Сегодня защита от электромагнитных полей остается обсуждаемой темой, особенно в условиях постоянно растущих радио- и электроприборов. В связи с этим, тема данной статьи носит актуальный характер.

Ключевые слова: электромагнитное поле, экранирование, защита, материал, электричество, безопасность, организм, человек, частота, интенсивность, длина волны.

Существующее понимание о роде электромагнитных полей (ЭМП) можно считать с первой половины 19 века, когда британскому физiku Майклу Фарадею удалось перестроить картину восприятия об электромагнитном поле. Его эксперимент заключался в рассмотрении поведения электрических зарядов в токопроводящих материалах. Майкл построил металлическую клетку и попросил своих помощников начать обстрел электрическими зарядами высокого напряжения из электростатической машины или генератора зарядов, в тот момент, когда он будет внутри нее. Как уже можно было понять, Фарадей остался цел, так как электрические заряды обтекали клетку по ее площади, но не проникали внутрь [1].

Объяснение эксперимента кроется в физических свойствах металла. Создание внешнего электрического поля за счет создания высоко напряженных электрических зарядов. Их воздействие на металлическую поверхность, или как в случае с Фарадеем на клетку, заставляет побуждаться свободные электроны и начать процесс их распределения, что вызывает создание внутреннего электрического поля. Таким, образом, внутреннее электрическое поле компенсирует внешнее, при этом металлический каркас клетки поглощает электромагнитное излучение (ЭМИ) [2-3].

Важно отметить, что металл не может поглотить всю энергии полностью, он лишь перераспределяет ее по всей площади объекта. Как итог, внутри объекта создается поле электромагнитной тишины.

Для того, чтобы эксперимент состоялся, Фарадею потребовалось как минимум соблюсти три условия:

1. В качестве «поглотителя» энергии должен быть материал с высокой электропроводностью.
2. Длина волны экранируемого излучения не должна быть меньше размера ячеек сетки, а, соответственно, соблюдение размера ячеек должно выполняться.
3. Каркас объекта должен замыкаться. Если в его конструкции будут отверстия, то эффективность защиты значительно падает [4-5].

Опыт с клеткой Фарадея является не единственным примером и часто встречается в повседневной жизни. Одним из таких примеров выступает микроволновая печь. Защита от электромагнитного излучения в микроволновке осуществляется за счет металлического корпуса и встроенной металлической сетки с небольшими отверстиями на дверце. Именно корпус и сетка не дают ЭМИ выйти наружу, тем самым защищая нас. Проверить данное утверждение довольно просто – достаточно положить мобильный телефон в выключенную микроволновую печь и закрыть дверцу, тогда сигнал с сотовой связью пропадет.

Подобная ситуация наблюдается в лифтах, так как металлическая кабина глушит ЭМП сигналы.

В дождь, когда мы движемся по открытому участку дороги, может показаться, что единственным опасным объектом является машина, так как самой высшей точкой поражения будем именно крыша автомобиля. Корпус автомобиля схож с клеткой Фарадея. Когда молния ударяет по крыше автомобиля, то корпус выступает защитной средой и перенаправляет разряд в землю. Важно понимать, что в этот момент окна автомобиля должны быть закрыты и человек не должен касаться металлических частей. В современных автомобилях гораздо меньше металлических деталей и больше пластика, а как говорилось выше, эффективность защиты снижается при нарушении замкнутости контура [3, 7].

ЭМП бывает не только созданным человеком, которое ежегодно оказывает негативное влияние на организм и здоровье людей, но и естественным – электромагнитное поле Земли.

Повсеместное распространение и установка телекоммуникационных сетей, сотовых вышек, технических средств и устройств привело к постоянному воздействию ЭМП на организм человека. Особенно опасно длительное интенсивное воздействие ЭМП, которое приводит к различным заболеваниям.

Электромагнитное поле представляет собой особую форму материи или физическое поле, которое взаимодействует или посредством которой

взаимодействуют электрически заряженные частицы. ЭМП может распространяться в пространстве по принципу электромагнитных волн, идущих от источника. Как понятно из названия, электромагнитное поле состоит из электрического и магнитного полей, которые могут порождать друг друга [2,7].

Основными составляющими ЭМП выступают длина волны и частота.

Длина волны характеризуется распространением ЭМ волны на определённое расстояние за время 1 периода. В данном случае колебания волн действуют в 1 фазе.

Частота – количество гребней волны или числа полных колебаний ЭМП, совершаемых за 1 секунду. В международной системе измеряется в герцах (Гц).

Проводимые по всему миру исследования электромагнитных полей и их влияния на здоровье человека показывают весьма неположительные результаты [1, 11].

Приведенные данные ВОЗ показывают наглядную картину развития проблем со зрением детей. Так, при долгой работе за компьютером зрение падает на одну диоптрию в год. Были замечены негативные изменения не только в крови, но и моче. Этот показатель варьируется от 15 минут до 2 часов в зависимости от возраста человека. Чем младше был человек, тем быстрее образовывались изменения [4, 15].

Помимо этого, негативные изменения от ЭМП компьютера отразились на функционировании центральной нервной, эндокринной и иммунной систем, а также на детородных функциях обоих полов.

Доказанные исследования ВОЗ, проводимых в разных странах, в области воздействия слабого электромагнитного излучения выявили ряд заболеваний: потеря памяти, уменьшение стрессоустойчивости, суицидальные мысли, болезнь Паркинсона и многие другие заболевания.

В Российской Федерации существует законодательная база, регулирующая воздействие ЭМП на здоровье человека. Основные нормативно-правовые акты в области защиты ЭМП:

1. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» [4].

2. СанПиН 2.2.4.1329-03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей».

3. ГОСТ 12.4.306-2024 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Комплект экранирующий для защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы испытаний» [5-6].

Высокоинтенсивные электромагнитные поля выводят из работы электронику, полупроводниковые элементы и интегральные микросхемы. При воздействии сильного ЭМП появляется несанкционированный доступ к личной информации пользователя через телефон. Кража информации осуществляется с помощью информационных дистанционных устройств.

Установка защитных экранов с высокой электрической проводимостью позволяет создать преграду для излучения и защитить электрические устройства. В отдельных случаях экранируется не устройства, а источник излучения.

Воздействие ЭМП на организм человека характеризуется несколькими параметрами, которые показаны на рисунке 1.

Принцип экранирования от ЭМП высокочастотных полей базируется на двух процессах – поглощении и отражении ЭМ волны, когда она переходит из одной среды в другую. Процесс ослабления, затухания ЭМ волны происходит благодаря совместной работе двух процессов. Часть энергии поглощается материалом из которого изготовлен экран, а часть отражается от его поверхности, тем самым происходит потеря энергии [7-8].

Для низкочастотных полей в качестве гасящего материала экрана служит магнитомягкие материалы.

Под ЭМ экранированием и защитой от ЭМП полей понимается разработка специальных экранов для снижения интенсивности ЭМП до допустимых значений, за счет использования специальных материалов с

высокой удельной проводимостью, а также инженерно-технических, организационных, лечебно-профилактических мероприятий и использование СКЗ [8, 13].

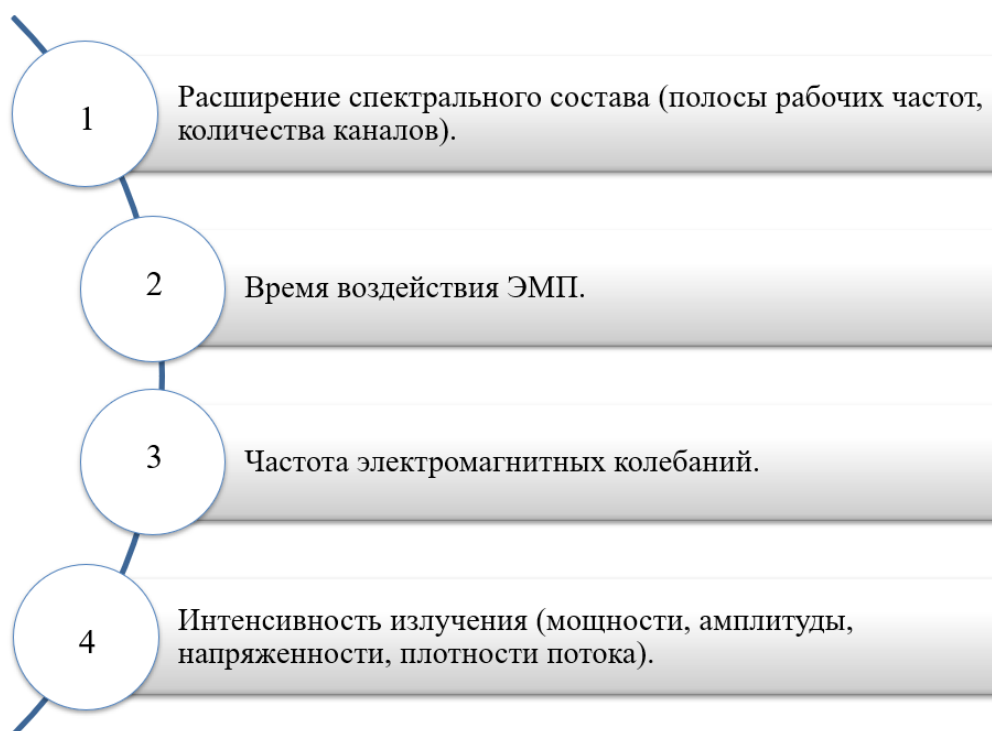


Рисунок 1 – Параметры, характеризующие воздействие ЭМП на организм человека.

Применение экранирования используется не только для защиты технического электронного оборудования, но и для предотвращения утечки конфиденциальной информации, которая может передаваться с помощью ЭМИ.

На этапе проектирования важно правильно подобрать материал для экранов, так как именно от него будет зависеть степень поглощения и отражения ЭМ сигналов, частота работы генераторов, точность электронных приборов и защита приборов от помех. Точность в выборе материала экрана напрямую влияет на его дальнейшее прохождение испытаний по электромагнитной совместимости (ЭМС).

ЭМС – это свойство технических средств, прошедших испытания работать в условиях электромагнитных помех с рассчитанным при проектировании качеством, не вызывая сбой в работе других технических устройств.

Главным показателем эффективной работы экранов служит коэффициент экранирования. Коэффициент экранирования – отношение величин и интенсивности электромагнитного поля до экрана и после экрана [7, 14].

Правильно спроектированный защитный экран обеспечивает не только защиту персонала на рабочем месте и бесперебойную работу радиотехнических устройств, но и защищает передаваемую информацию.

Эффективность работы экранов зависит от многих факторов, но основными можно выделить факторы, представленные на рисунке 2.

Как уже говорилось выше, на эффективность работы экранирования влияет удельная проводимость материала. В большинстве случаев используются металлы и их сплавы, но некоторых случаях применяют и другие: листовую медь и алюминий, фольгу, ткани и сетки, содержащие токопроводящие материалы [9, 10].

В значительной степени на защитные свойства материала оказывает влияние площадь, занимаемая окнами и проемами, материал изготовления стен, площади помещения [10].

В коммуникационных сетях для защиты от помех интегрируются защитные фильтры.

Приспособления и конструкции, изготавливаемые из описанных выше материалов, продемонстрированы на рисунке 3 [11-12].

Стоит отметить, что для эффективной работы экранирования, требуется обеспечить уплотнения дверных и оконных проемов, для исключения просачивания электромагнитного луча в отверстия и щели. В качестве уплотнителей применяют материалы, изготовленные на основе силиконового каучука. Они бывают в виде пластин, шнуров с круглым сечением и трубок [12-13].

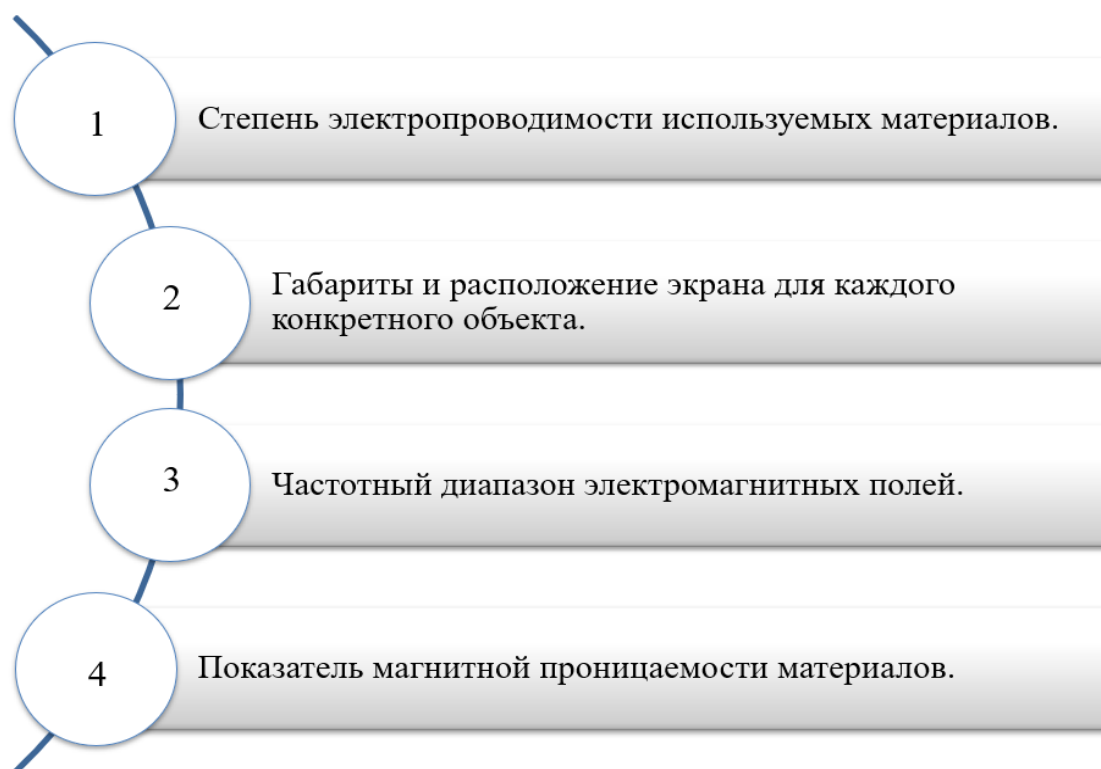


Рисунок 2 – Факторы, влияющие на эффективность работы экранирования.

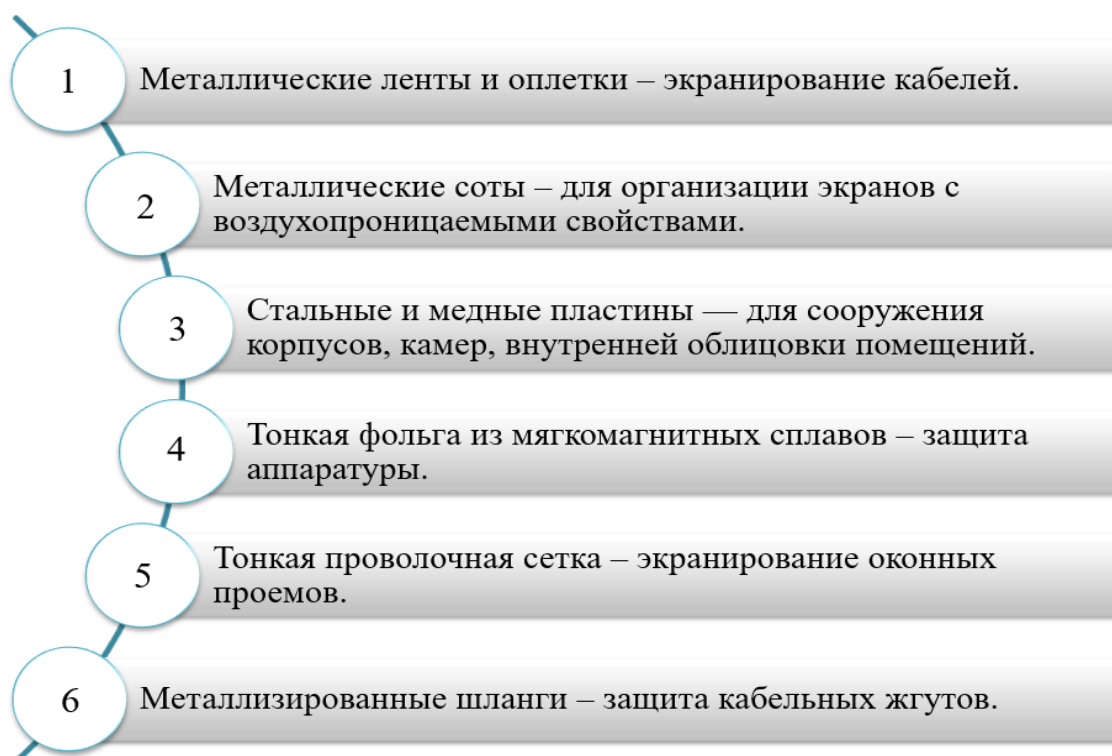


Рисунок 3 - Приспособления и конструкции, изготавливаемые из материалов, имеющих высокое удельное сопротивление.

Существенными недостатками сплошных металлических материалов являются их масса и высокая стоимость изготовления. В некоторых случаях

сплошные экраны можно заменить на другой вид экранирования. Для защиты от низкочастотных ЭМП применяют фольгу, изготовленную из диамагнитных материалов толщиной от 0,01-0,05 мм [14].

Список литературы:

1. Александров К. С., Петров А. В. Электромагнитные экраны и защита от электромагнитных воздействий // Электротехника. 2023. № 4. С. 25-34.
2. Бажанов В. А., Миронов С. И. Методы экранирования электромагнитных полей в технических системах // Промышленная энергетика. 2023. № 3. С. 18-25.
3. Васильев А. П. Экранирование электромагнитных полей: учебное пособие / М.: ИНФРА-М. 2023. С. 406.
4. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
5. СанПиН 2.2.4.1329-03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей».
6. ГОСТ 12.4.306-2024. Система стандартов безопасности труда. Комплект экранирующий для защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы испытаний. М.: Стандартинформ. 2024. С. 32.
7. Гуревич Ю. Е. Защита от электромагнитных полей: теория и практика / СПб.: Питер. 2023. С. 320.
8. Захаров О. Г. Проектирование систем электромагнитного экранирования // Электротехнические и компьютерные системы. 2023. № 1. С. 34-41.
9. Иванов А. А., Петров Н. С. Материалы для электромагнитного экранирования: учебное пособие / М.: Энергоатомиздат. 2023. С. 284.
10. Александров К. С., Петров А. В. Материалы для электромагнитного экранирования: свойства и применение // Электротехнические и компьютерные системы. 2023. № 4. С. 25-34.

11. Новиков А. Н. Экранирование электромагнитных полей в современных технических системах // Электротехнические системы и комплексы. 2023. № 4. С. 78-85.

12. Воронов П. А. Композитные материалы в системах электромагнитного экранирования // Радиоэлектроника и информатика. 2023. № 5. С. 45-52.

13. Петров С. В. Технологии защиты от электромагнитных воздействий // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2023. № 5. С. 45-52.

14. Калинин В. Н. Методы и средства электромагнитного экранирования // Электромагнитные процессы в технических системах. 2023. № 7. С. 15-22.

15. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) – URL: <https://www.who.int/ru>

UDC 537.531

ELECTROMAGNETIC SHIELDING

Yulia M. Aksenovskaya

assistant

aksenovskaya.1973@mail.ru

Alexey V. Aksenovsky

candidate of agricultural sciences, associate professor

noky2002@mail.ru

Andrey Al. Khokhlov

student

garlic12@gmail.com

Pavel Yu. Morozov

student

mrzpvl04@gmail.com

Pavel Ol. Nekrasov

graduate student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The history of protection from electromagnetic fields (EMF) begins in the 19th century with the invention of the cage by Faraday. This was the first EMF protection experience. Protection from electromagnetic fields remains a hot topic today, especially in the context of ever-growing radio and electrical appliances. In this regard, the topic of this article is relevant.

Keywords: electromagnetic field, shielding, protection, material, electricity, safety, organism, human, frequency, intensity, wavelength.

Статья поступила в редакцию 10.09.2025; одобрена после рецензирования 20.10.2025; принята к публикации 31.10.2025.

The article was submitted 10.09.2025; approved after reviewing 20.10.2025; accepted for publication 31.10.2025.