

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.315.5

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПАНЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Х.М. АЛЬЛЯБАД, С.Н. ПЕТРОВ, А.М. ПРУДНИК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 3 ноября 2009*

Приведены результаты исследования электромагнитных и акустических характеристик многослойных материалов на вспененной основе для создания панелей интегральной защиты. Показана возможность создания многослойных панелей с величиной ослабления электромагнитных волн более 30 дБ и индексом изоляции воздушного шума 35 дБ.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, акустическая волна, защитные материалы, эффективность экранирования, звукоизоляция.

Введение

Одним из направлений разработки современных систем пассивной защиты информации является разработка материалов и конструкций, обеспечивающих подавление как электромагнитных, так и акустических сигналов, позволяющих таким образом снизить риск перехвата информации при ее передаче и обработке, и обеспечить многофакторную защиту объектов. Также такие материалы электромагнитно-акустической защиты могут применяться для обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры и для снижения радиолокационной заметности объектов военной техники. Кроме того, они могут быть применены для создания средств защиты биологических объектов от воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ).

Комбинированные панели электромагнитно-акустической защиты предназначены для защиты от утечки информации по техническим (электромагнитным и акустическим) каналам. Защита информации с помощью комбинированных панелей электромагнитно-акустической защиты заключается в установке панелей в строительные элементы конструкций зданий (стены, перекрытия) и дверные тамбуры, что предотвращает возможность перехвата информационных электромагнитных полей и съема акустической информации с помощью технических устройств.

Радио- и звукопоглощающие материалы могут быть использованы как при строительстве и отделке помещений, так и для создания модульных разборных конструкций. При этом массогабаритные характеристики разборных конструкций имеют существенное значение. Основным принципом экранирования как электромагнитных, так и акустических сигналов является перенаправление энергии колебаний за счет отражения от поверхностей с геометрическими неоднородностями, а также на поглощении волн внутри материалов. При этом для увеличения эффективности экранирования предпочтение отдается многослойным структурам из материалов с различными электрическими, магнитными и звукопоглощающими свойствами, что позволяет значительно снизить массогабаритные характеристики экранов.

Перспективными материалами являются пористые вспененные материалы: пеностекло, пенокерамика и ячеистые бетоны, которые вследствие специфики технологического процесса их изготовления позволяют производить добавление различных порошковых материалов для

улучшения их экранирующих характеристик. Так, добавление в диэлектрическую вспененную основу углеродосодержащих включений обуславливает высокие радиопоглощающие свойства этих материалов, а особенность структуры (наличие большого числа сообщающихся между собой полостей) обеспечивает высокий уровень звукопоглощения.

Целью работы является исследование звукоизолирующих и экранирующих свойств материалов, обладающих малой массой для создания многослойных интегральных защитных панелей на их основе.

Экспериментальная часть

Таким образом, для создания интегральных защитных конструкций требуется применение материалов, обладающих потерями для ЭМИ диапазона СВЧ, с неоднородной структурой, рассеивающей распространяющиеся волны, сформированной из нескольких слоев с различными микроволновыми и акустическими свойствами.

В качестве образцов для исследований использовались следующие материалы: образец А108, состоящий из двух слоев поролона, пропитанных 50%-й водной эмульсией шунгита и одного слоя алюминиевой фольги между ними; образец А109, состоящий из двух слоев поролона с нанесенным между ними слоем шунгита; образец А110 содержащий два слоя поролона с один слой порошкообразного шунгита герметизированного полиэтиленовой пленкой; образец А111 содержащий один слой поролона, пропитанного водой, с нанесенным на него слоем порошкообразного шунгита, и один слой сухого поролона (рис. 1). Все образцы были герметизированы полиэтиленовой пленкой.

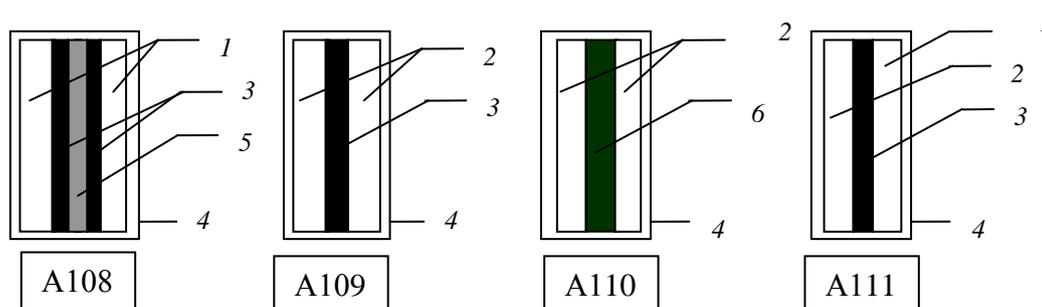


Рис. 1. Состав исследованных образцов: 1 – поролон, пропитанный водой; 2 – поролон сухой; 3 – шунгит; 4 – полиэтиленовая пленка; 5 – алюминиевая фольга, 6 – порошкообразный шунгит с добавлением воды, герметизированный полиэтиленовой пленкой

Исследование экранирующих свойств созданных образцов проводилось с помощью скалярных анализаторов цепей, позволяющих получить информацию о соотношениях амплитуд волн в измерительном тракте путем вычисления модулей комплексных элементов волновой матрицы рассеяния, описывающей линейный четырехполюсник [1], и волноводного измерительного тракта с рупорными антеннами. Эффективность экранирования ЭМИ исследуемыми конструкциями характеризуется величиной ослабления энергии ЭМИ и коэффициентом отражения электромагнитных волн от экрана. Измерения проводились в СВЧ диапазоне

0,7–140 ГГц с разделением диапазона на несколько поддиапазонов, охватываемых применяемой измерительной аппаратурой.

Звукоизоляция экспериментальных образцов измерялась на экспериментальной установке, описанной в работе [2]. Сигнал "белого шума", сформированный генератором, воспроизводился динамиком и излучался в трубу, все сечение которой перекрывает образец. Регистрация спектра сигнала за образцом осуществлялась микрофоном, соединенным с шумомером-спектроанализатором МАНОМ-4. Измерения проводились в третьоктавных полосах в частотном диапазоне от 200 до 8 000 Гц. Звукоизоляция рассчитывалась как разность уровней звукового давления при прямом прохождении звука и при прохождении звука через исследуемый образец.

Результаты и обсуждение

В результате серии экспериментов получены характеристики отражения и ослабления электромагнитного излучения материалами со структурой, содержащей включения шунгита. Использование слоя водосодержащего порошка шунгита (фракции $\sim 0,1-0,2$ мм) в комбинации с алюминиевой фольгой показало (рис. 2–3) возможность отражения ЭМИ до 25% и менее в диапазоне частот 1–150 ГГц, а применение отражателя из металла позволяет повысить эффективность ослабления до 1000 раз и более.

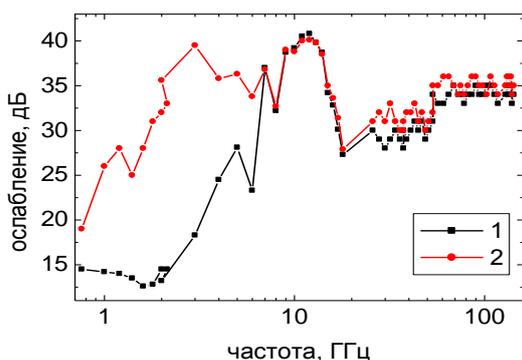


Рис. 2. Частотная зависимость ослабления электромагнитной волны: 1 – образцом A108; 2 – образцом A111

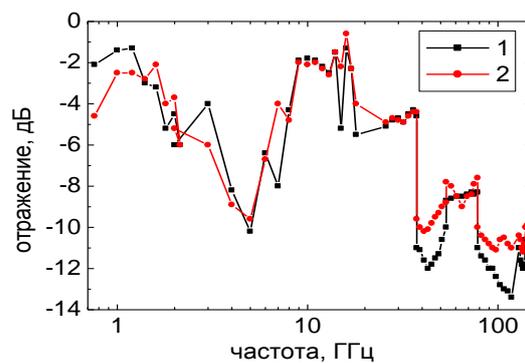


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента отражения электромагнитной волны: 1 – образцом A108; 2 – образцом A111

Показано (рис. 4), что образцы A110 и A108 ослабляют звук на 20 дБ в области частот от 160 до 2500 Гц. Начиная с частоты 2500 Гц и заканчивая частотой 8000 Гц, значение звукоизоляции возрастает с 20 до 70 дБ. Образцы A109 и A111 в области частот от 160 до 2500 Гц ослабляют звук примерно на 10 дБ. Максимальный уровень ослабления звука для образца A111 составляет 30 дБ, а для образца A110 — 50 дБ в полосе частот со среднегеометрической частотой 8000 Гц.

Учитывая то, что низкочастотная составляющая речи несет в себе основную энергию речевого сигнала, ослабление сигнала на 20 дБ в области частот до 2500 Гц несущественно скажется на разборчивости речи, прошедшей через такую конструкцию. Такой результат объясняется малой толщиной исследуемых образцов (примерно 2 см). Сочетание жестких и мягких слоев, а так же увеличение массы позволит получить более высокое значение собственной звукоизоляции

Из рис. 5 видно, что добавление к многослойной панели на основе стекломгнезита панели, состоящей из последовательно расположенных образцов A108 – A111 привело к увеличению собственной звукоизоляции получившейся конструкции на 10 дБ в области частот 1000–3500 Гц по сравнению с конструкцией, содержащей только образцы A108 – A111, и к увеличению на 20 – 30 дБ в диапазоне частот 1250...8000 Гц по сравнению с многослойной конструкцией на основе стекломгнезитовой плиты.

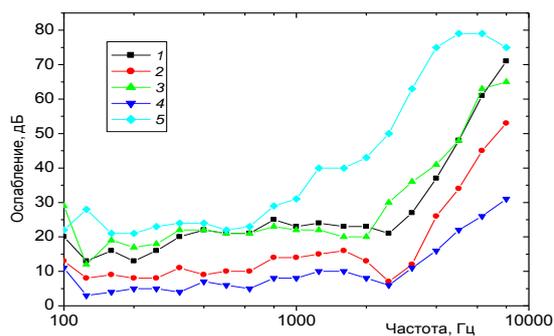


Рис. 4. Зависимость ослабления воздушного шума от частоты многослойными панелями: 1 – А 108; 2 – А109; 3 – А110; 4 – А111; 5 – образцы А108–А111 сложенные вместе

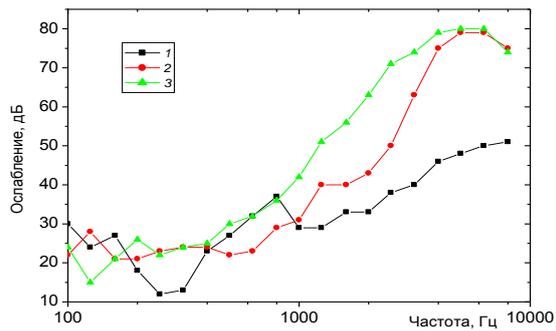


Рис. 5. Зависимость ослабления воздушного шума от частоты: 1 – лист стекломгнезита толщиной 4 мм, слой резины толщиной 1 мм, алюминиевая фольга толщиной ~0,4 мм; 2 – образцы А108–А111 сложенные вместе; 3 – панель 1 и образцы А108-А111 (мягкие слои обращены к динамику)

Заключение

Исследованы электромагнитные и акустические характеристики материалов на основе шунгита для создания панелей интегральной защиты. Показана возможность создания многослойных материалов для защищенных помещений на основе модульных разборных конструкций, в том числе и из оптически прозрачных элементов.

MULTILAYERED FOAM MATERIALS BASED ON SHCUNGITE FOR PASSIVE COMPLEX SECURITY SYSTEMS

H.M. ALLEBAD, S.N. PETROV, A.M. PROUDNIK

Abstract

The measurements results of the electromagnetic and acoustic properties of multilayered structures based on water-containing materials and schungite for complex security systems are given. The creation possibility of multilayered panels with the value of electromagnetic wave attenuation over 30 dB и isolation indexes of air noise 35 dB is shown.

Литература

1. Прудник А.М., Петров С.Н., Лыньков Л.М. // Управление защитой информации. 2009. Т. 13, № 1. С. 67–70.
2. Богуш В.А., Борботько Т.В., Гусинский А.В. и др. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты. М., 2003.