

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Г.В. ДАВЫДОВ, Л.М. ЛЫНЬКОВ, С.Н. ПЕТРОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, Минск 220013, Беларусь*

Рассматривается возможность использования слоистых влагосодержащих материалов в качестве поглотителей электромагнитного излучения и акустических колебаний. Описывается структурная схема созданной экспериментальной установки для определения способности к звукоизоляции плоских образцов материалов.

*Ключевые слова:* звуковое излучение, звукоизоляция, интегрированные защитные панели, слоистые влагосодержащие материалы, электромагнитное излучение.

### Введение

Современный системный подход к обеспечению защиты информации предопределяет необходимость обеспечения экологической защиты обслуживающего персонала и пользователей. Учитывая это, представляется перспективным создание интегрированной защиты специальных экранированных помещений, обеспечивающих одновременно электромагнитную, акустическую и экологическую безопасность.

Постоянное совершенствование специальной техники стимулирует поиск новых, все более эффективных электромагнитных экранов, в том числе и для защиты от утечки информации по техническим каналам из специальных защищенных помещений, в частности, помещений для обработки шифрованной информации, комнат для ведения конфиденциальных переговоров, камер для настройки и испытаний специальной техники и т.д. Однако для защищенных помещений, учитывая современные требования по экологической безопасности, требования по максимально возможному экранированию уже явно недостаточно и необходимо предъявить второе, не менее важное, требование обеспечения нормированного затухания отраженного сигнала, опасного для персонала. [1]

В условиях объемного резонанса экранированного помещения даже небольшие излучения на отдельных частотах могут усиливаться в тысячу раз и превысить установленные безопасные для человека нормы. Так, например, для СВЧ-диапазона опасным для человека является уровень воздействия излучений свыше  $10 \text{ мкВт/см}^2$ . [2]

Наиболее эффективно проблема создания экологически безопасных защищенных помещений решается с использованием интегрированных защитных панелей, обеспечивающих одновременно электромагнитную, акустическую и экологическую защиту. [3] Структура (состав и последовательность слоев) интегрированной защитной панели показана на рис. 1.

Для более простых ситуаций можно использовать более доступные материалы в виде защитной краски, пленки, лент, ткани и т.п.

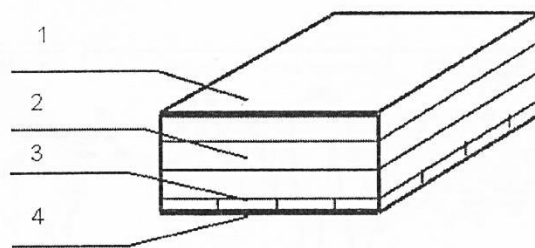


Рис. 1. Структура интегрированной панели для защищенного помещения: 1- диэлектрическая пленка; 2 – многослойный мат из базальтовых волокон; 3 – ферритовые плитки; 4 – металлический лист.

Описанные выше конструкции весьма сложны при их соединении в единое целое, не позволяют одновременно проводить оптическое наблюдение из защищаемого помещения, являются источником сбора влаги и последующей деструкции.

Темой данной работы является изучения возможности использования слоистых влагосодержащих поглотителей ЭМИ в качестве звукоизолятора, путем получения характеристик взаимодействия материалов с электромагнитным и звуковым излучением.

Разработка таких конструкций комбинированных строительных панелей позволит существенно снизить их стоимость, а использование водосодержащих наполнителей, распределенных в органических и не органических матрицах, повышает эффективность экранирования. [4]

### Экспериментальная часть

В качестве образцов для проведения испытаний были выбраны: герметизированный стеклопакет, содержащий водные растворы солей, и целлюлозное полотно с порошком шунгита. Данные образцы подходят для экранирования как прозрачных, так и не прозрачных участков защищаемого помещения.

Эффективность экранирования исследуемых конструкций экранов характеризуется коэффициентом ослабления энергии электромагнитного излучения (ЭМИ) и коэффициентом отражения электромагнитных волн от экрана. [2]

Для измерения ослабления и коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц использовался панорамный измеритель КСВН и ослабления Я2Р-67 с ГКЧ-61 и волноводных трактов. После калибровки оборудования образец зажимался между фланцами волноводов. Результаты измерений представлены на рис. 2 – 5.

Для изучения возможности использования поглотителей ЭМИ в качестве звукоизолятора была создана измерительная установка. За основу была взята существующая модель установки «Пизанская башня». В отличие от «Пизанской башни», созданная установка имеет горизонтальное расположение.

Установка представляет собой металлическую трубу, состоящую из двух частей длиной 80 и 40 см, диаметром 30 см, весом 32 и 16 кг, соответственно. У обоих отрезков один торец наглухо заварен, второй имеет вид кругового фланца с четырьмя отверстиями для соединения болтами. Для передвижения подвижной части установки и фиксации образца используется червячная система (Рис. 6).

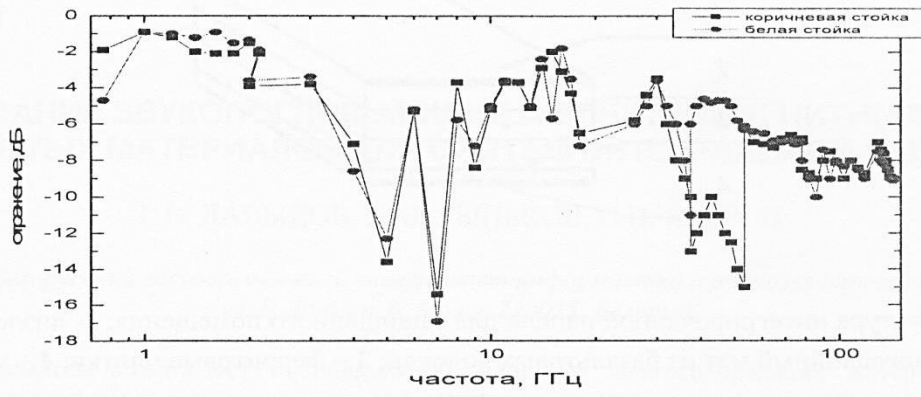


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения электромагнитной волны для стеклопакета с водным раствором

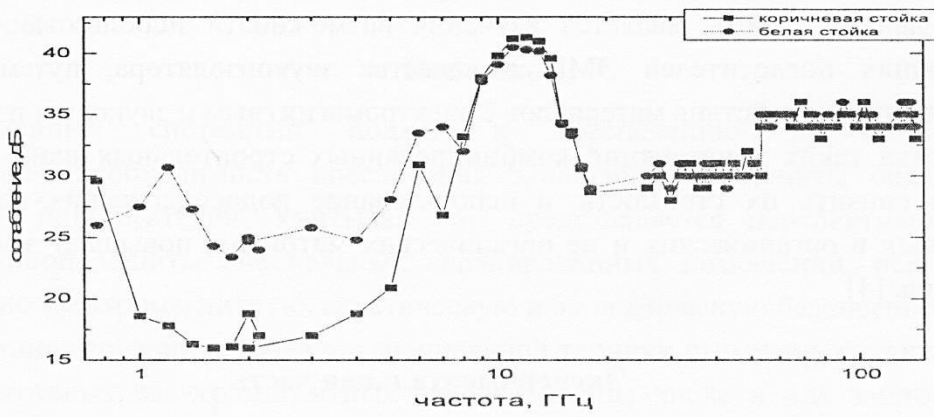


Рис. 3. Частотная зависимость ослабления электромагнитной волны для стеклопакета

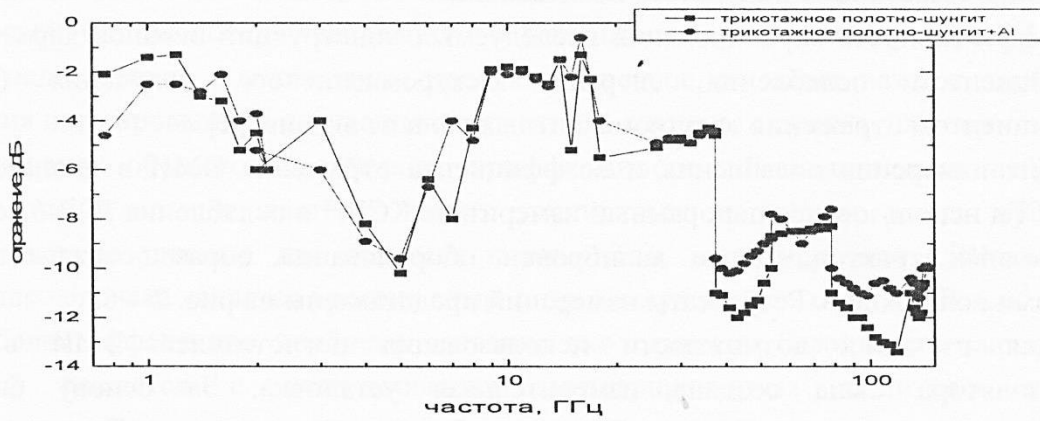


Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента отражения электромагнитной волны для экрана из трикотажного полотна с шунгитом

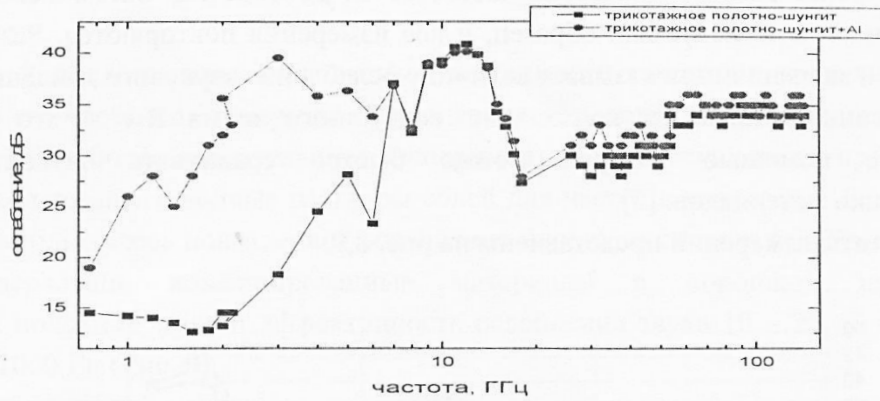


Рис. 5. Частотная зависимость ослабления электромагнитной волны для экрана из трикотажного полотна с шунгитом

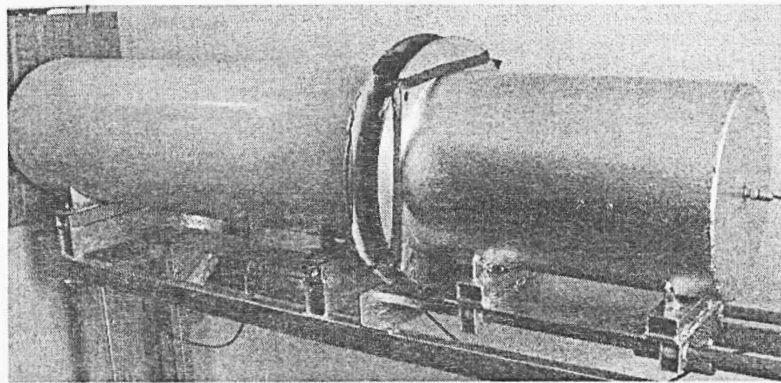


Рис. 6. Внешний вид измерительной установки с червячной системой фиксации образцов

В длинной части трубы закреплен измерительный микрофон. В короткой части установлен динамик типа ГДШ – 10, имеющий сопротивление 8 Ом, мощность – 10 Вт, излучающий колебания в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц. Стенки трубы покрыты звукопоглощающим материалом.

Структурная схема установки представлена на рис. 7.

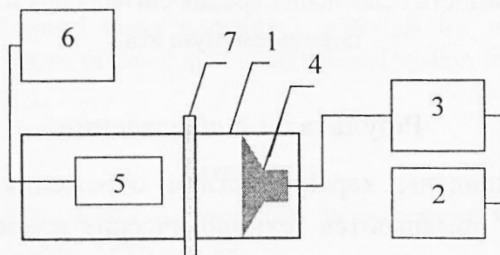


Рис. 7. Структурная схема измерительной установки: 1 – металлическая труба; 2 – генератор сигналов низкочастотный ГЗ – 118; 3 – усилитель мощности LV – 103; 4 – динамик; 5 – измерительный микрофон; 6 – шумомер ВШВ – 003; 7 – исследуемый образец.

Гармонический сигнал подается с генератора сигналов ГЗ – 118 через усилитель мощности LV – 103 на динамик. Уровень сигнала контролируется встроенным в усилитель вольтметром. Шумомером ВШВ – 003 измеряются уровни звукового давления.



Измерения производятся в диапазоне частот от 63 до 8000 Гц. Затем между фланцами трубы зажимается исследуемый образец, и все измерения повторяются. Разность между полученными значениями показывает величину ослабления звукового давления.

Полученный индекс звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  – это усредненная величина, с помощью которой можно быстро сравнивать звукоизоляционные характеристики материалов. [5]

Результаты измерений представлены на рис. 8,9.

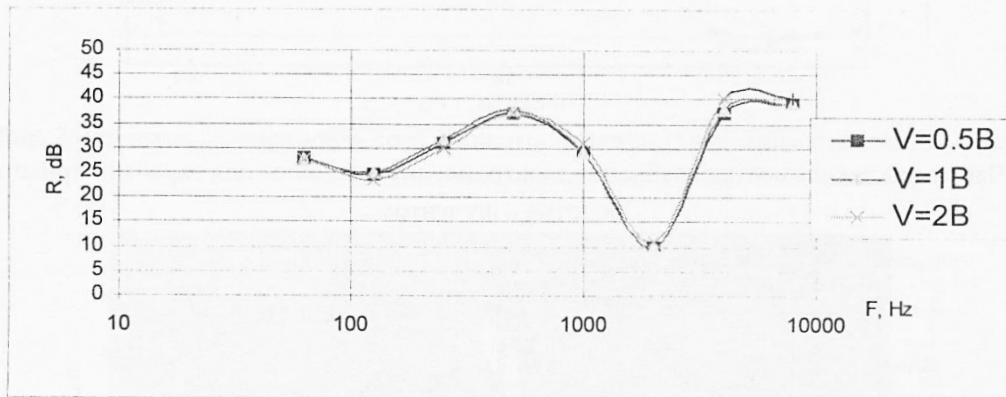


Рис. 8. Частотная зависимость ослабления уровня сигнала для однокамерного стеклопакета

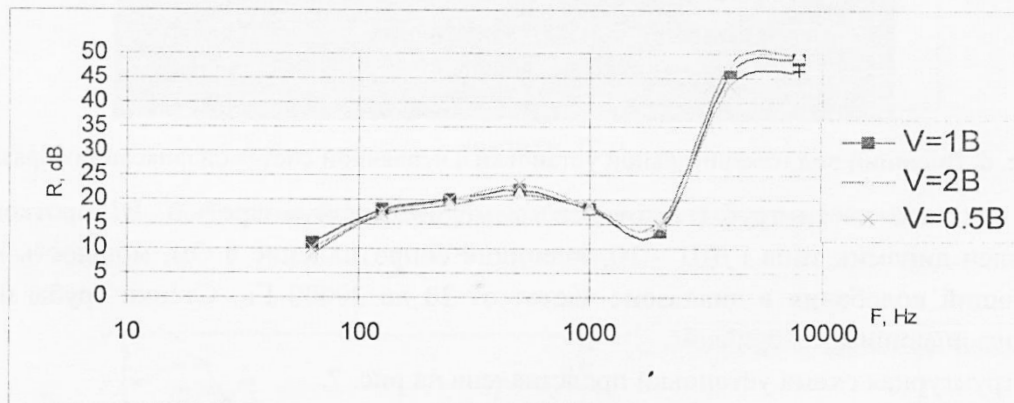


Рис. 9. Частотная зависимость ослабления уровня сигнала для целлюлозного полотна с порошком шунгита

### Результаты и обсуждение

На рис. 2,3 представлены характеристики отражения и ослабления ЭМИ для стеклопакетов, в которые помещаются технологические водосодержащие жидкости (1 и 30 % растворы NaCl), с толщиной стекла 4 мм и слоя жидкости 10 мм. Из исследованных в диапазоне частот 1 – 150 ГГц характеристик установлена их высокая эффективность по отражению (около 18 %) и в 1000 раз и более (на частотах 5 ГГц и выше) по ослаблению без использования металлического отражателя (что весьма важно для визуализации защищаемых объектов как изнутри, так и снаружи).

Использование водосодержащего порошка шунгита (0,2 ~ 0,1 мм фракции) в комбинации с трикотажем (машинно-вязанное полотно) показывает (рис. 4,5) 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.

На рис. 8 представлены исследуемые зависимости снижения уровня сигнала при прохождении его через однокамерный стеклопакет с водосодержащим наполнителем (1 % раствор NaCl). Наиболее значительным экспериментальным результатом представляется применение содержащего водные растворы солей для частот в диапазоне 100 и менее Гц, при котором наблюдалось повышенное ослабление звукового сигнала (до 27 дБ).

Водосодержащие комбинированные материалы с порошком шунгита на трикотажных полотнах имеют эффективность ослабления звука 10 – 20 дБ в диапазоне частот 100 – 1000 Гц (Рис. 9).

Исследованные стеклопакеты пригодны для эксплуатации в качестве оконных проемов.

Из конструкций гибких непрозрачных материалов наиболее перспективными представляются комбинированные конструкции, характеристики которых представлены на рис. 9.

### Выводы

Исследованы зависимости отражения и ослабления ЭМИ в водосодержащих материалах. Установлена возможность создания защитных экранов в диапазоне частот 1 – 150 ГГц с характеристиками ослабления примерно в 1000 раз и более и отражением ЭМИ – 10 - 25 %. Исследованы звукоизоляционные характеристики этих материалов. Показана возможность создания материалов с характеристиками ослабления звука 20 - 50 дБ в диапазоне частот 60 – 8000 Гц.

## INVESTIGATION OF ACOUSTIC AND ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF MULTILAYERED MATERIALS FOR INTEGRAL SECURITY SYSTEMS

G.W. DAVYDOV, L.M. LYNKOV, S.N. PETROV

### Abstract

An application of multilayered water containing materials for microwave and acoustic wave absorbers is considered. The structure of developed experimental system for absorbing efficiency of plain samples is presented.

### Литература

1. В.С. Барсуков Интегрированная защита специальных экранированных помещений // «Специальная техника». Специальная техника. – 2002. – №4, с.21-28.
2. Бозуш В.А., Борботько Т.В., Гусинский А.В. и др. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты / Под ред. Л.М. Лынькова. Мн., 2003. 398 с.
3. Прудник А.М., Алехина Н.Е., Петров С.Н. и др. Комбинированные гибкие панели для биологической защиты организма от электромагнитных и акустических воздействий // Доклады БГУИР. – 2005. – № 5. – с.31
4. Л.М. Лыньков, В.А. Бозуш, Н.В. Колбун и др. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения // Доклады БГУИР. 2004. Т. 2, №5. с.152 – 167.
5. А.Г. Боганик, А.Я. Лившиц. Новые материалы для эффективной звукоизоляции // «Обустройство и ремонт». М.: Деловой мир. – 2002. –№ 15.