

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.039.537:666.3-127.7

Миронов  
Анатолий Александрович

Акустические свойства многослойных защитных конструкций на основе микро-  
и макропористых материалов

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-98 80 01 «Методы и системы защиты информации,  
информационная безопасность»

---

Научный руководитель  
Петров Сергей Николаевич  
кандидат технических наук, доцент

---

Минск 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Информация играет важную роль во всех сферах функционирования современного общества, в этом её ценность, а ценности приходится защищать от недоброжелателей. Речевая информация как реализация речевой коммуникативной функции человека является одним из наиболее употребительных средств оперативного обмена информацией. Одним из наиболее распространенных и изученных технических каналов утечки речевой информации являются акустический канал. Традиционным подходом для снижения возможности перехвата информации по акустическому каналу является использование пассивных звукоизолирующих конструкций.

Защитные конструкции на основе пористых материалов являются одной из наиболее распространенных групп пассивных звукоизолирующих конструкций. Звукопоглощение микро- и макропористых материалов обусловлено вязким трением при движении воздуха в узких каналах и порах, внутренним трением при деформациях скелета материала, а также теплообменом между воздухом в порах и скелетах. Многослойные защитные конструкции на основе микро- и макропористых материалов как правило изготавливаются в виде плит, которые крепят непосредственно к поверхности или на отnose. Основой зернистого пористого материала может служить минеральная крошка, гравий, пемза, каолин или шлак, в качестве вяжущего может использоваться жидкое стекло или цемент. Такие материалы имеют высокую механическую прочность.

В качестве основы для изучаемых конструкций был выбран вспученный вермикулит. Были изучены возможности ослабления звука подобными конструкциями. Измерения проводились в частотном диапазоне от 200 до 6000 Гц. При оценке звукоизоляции образцов весь диапазон измерений делился на третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами 250 – 6300 Гц. Изучались плоские образцы размером 30×40 см. Среди них: плиты из вермикулита с углеродным волокном и силикагелем в жидком стекле, вермикулитовая штукатурка, многослойные конструкции (в сочетании с войлоком, пенопластом и связующим), нетканое целлюлозное полотно в сочетании с краской «Агнитерм».

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является создание и исследование пассивных многослойных звукоизолирующих конструкций на основе микро- и макропористых материалов для защиты речевой информации от утечки по акустическому каналу.

В соответствии с поставленной целью, в работе сформулированы и решены следующие основные задачи:

- исследованы акустические свойства конструкций на основе микро- и макропористых материалов;
- обоснован выбор вспученного вермикулита в качестве основного материала для создания пассивных звукоизолирующих конструкций;
- проведены измерения звукопоглощения сформированных образцов на основе микро- и макропористых материалов;
- обеспечена метрологическая точность измерений;
- обработаны полученные экспериментально результаты измерений и представлены частотные зависимости звукоизоляции исследованных образцов;
- разработаны рекомендации по применению и предложены пассивные звукоизолирующие конструкции на основе микро- и макропористых материалов.

### **Положения, выносимые на защиту**

- предложенные микро- и макропористые материалы для создания многослойных защитных конструкций;
- предложенные конструкции на основе микро- и макропористых материалов.

### **Связь с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Тема диссертационной работы соответствует:

- п. 13. «Безопасность человека, общества и государства» Приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г.

В диссертации поставлена и решена актуальная задача по исследованию акустических свойств конструкций на основе микро- и макропористых материалов и разработке пассивных звукоизолирующих конструкций на основе микро- и макропористых материалов. Научную новизну содержит выбор вспученного вермикулита в качестве основы для пассивных звукоизолирующих конструкций, а также методик применения вспученного вермикулита в

пассивных звукоизолирующих конструкциях. Практическая ценность работы состоит в том, что предложенные материалы в составе пассивных звукоизолирующих конструкций могут быть непосредственно использованы реальным сектором экономики для формирования комплексной системы обеспечения информационной безопасности.

#### **Личный вклад соискателя**

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании возможности микро- и макропористых материалов в качестве основы для пассивных звукоизолирующих конструкций, подготовке и проведении экспериментов по исследованию их характеристик и свойств.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом С.Н. Петровым.

#### **Апробация результатов диссертации**

Теоретические и практические результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: XIV Белорусско-российской научно-технической конференции «Технические средства защиты информации», Минск, 25-26 мая 2016 г. и 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 25-29 апреля 2016 г.

#### **Опубликованность результатов диссертации**

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликованы 2 печатные работы в сборнике «Тезисы докладов XIV Белорусско-российской научно-технической конференции» и журнале «Вестник Полоцкого государственного университета».

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, основной части из четырех глав, заключения, библиографического списка. Полный объем диссертационной работы составляет 68 страниц, включая 35 иллюстраций, 11 таблиц, библиографический список из 36 наименований, включая 2 публикации автора.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, обосновывается необходимость исследования и разработки пассивных звукоизолирующих конструкций на основе микро- и макропористых материалов.

Первая глава «Методы и средства защиты речевой информации» включает в себя описание и характеристику каналов утечки речевой информации, а также описание методов сокращения рисков утечек речевой информации и состоит из группы подразделов.

В подразделе 1.1 «Каналы утечки речевой информации» вкратце рассматриваются акустические, виброакустические и электроакустические каналы утечки речевой информации. Приводятся основные причины их формирования.

В подразделе 1.2 «Методы сокращения риска утечки речевой информации» рассматриваются пассивные и активные методы защиты акустической информации, приводятся требования к звукоизоляции помещений, дается характеристика звукопоглощающих материалов, а также описываются их свойства, приводится классификация звукопоглощающих материалов по форме, строению и величине относительного сжатия. Вспученный вермикулит рассматривается как пористый материал, который может быть использован в пассивных звукоизолирующих конструкциях.

Вторая глава «Методика проведения эксперимента» содержит обоснование использования вспученного вермикулита в качестве основы для многослойных защитных конструкций. Также в главе приводится характеристика материалов, которые будут использованы в исследуемых образцах помимо вермикулита: пенополистирол, жидкое стекло, силикагель и углеродное волокно. Приводится методика формирования образцов панелей из вспученного вермикулита, описывается процесс проведения измерений и обработки полученных результатов.

В подразделе 2.1 «Обоснование использования вспученного вермикулита в качестве основы для многослойных защитных конструкций» приводится характеристика вспученного вермикулита как пористого минерала, обладающего низкой теплопроводностью, высокой огнестойкостью и хорошей звукопоглощающей способностью. Приводятся технические характеристики минерала, его фракции, химический состав, а также коэффициенты звукопоглощения вспученного вермикулита в зависимости от толщины слоя и частоты колебаний.

В подразделе 2.2 «Пенополистирол» рассматриваются физико-химические свойства пенополистирола, приводятся его характеристики как строительного материала.

В подразделе 2.3 «Жидкое стекло» представлены физико-химические свойства жидкого стекла, приводятся характеристики материала, указываются его достоинства и недостатки как строительного материала.

В подразделе 2.4 «Силикагель» приводится характеристика материала, указываются его сферы применения и основные свойства.

В подразделе 2.5 «Углеродное волокно» представлены свойства углеродного волокна в зависимости от природы и режимов его производства, приводятся сферы применения материала.

В подразделе 2.6 «Методика формирования образцов панелей из вспученного вермикулита» приводится перечень экспериментальных образцов, а также описание процесса формирования панелей из вспученного вермикулита с добавлением углеродного волокна, гранулированного силикагеля и пенополистирола.

В подразделе 2.7 «Проведение измерений и обработка полученных результатов» приводится описание и схема экспериментальной установки, описывается процесс проведения и обеспечения метрологической точности измерений.

Третья глава «Исследование звукоизоляционных свойств многослойных защитных конструкций на основе микро- и макропористых материалов» описывает исследования частотных зависимостей звукоизоляции образцов.

В подразделе 3.1 «Листовой гипсокартон» приводится краткая характеристика гипсокартонных листов как широко распространенного и популярного строительного отделочного материала, а также частотная зависимость звукоизоляции листа гипсокартона.

В подразделе 3.2 «Образцы на основе штукатурки и вспученного вермикулита» представлены частотные зависимости звукоизоляции двух образцов на основе штукатурки с добавлением вермикулита и образца на основе штукатурки с добавлением вермикулита и водной суспензии «Агнитерм». Приведено сравнение показателей частотных зависимостей звукоизоляции всех образцов на основе штукатурок и вспученного вермикулита.

В подразделе 3.3 «Образцы на основе вспученного вермикулита и жидкого стекла» представлены частотные зависимости звукоизоляции двух образцов на основе вспученного вермикулита, силикагеля и жидкого стекла, а также образца на основе вспученного вермикулита, углеродного волокна и жидкого стекла. Приведено сравнение показателей частотных зависимостей

звукоизоляции всех образцов на основе вспученного вермикулита и жидкого стекла.

В подразделе 3.4 «Образец на основе войлока» представлена частотная зависимость звукоизоляции образца на основе войлока.

В подразделе 3.5 «Образцы на основе пенополистирола и вспученного вермикулита» представлены частотные зависимости звукоизоляции двух образцов на основе пенополистирола и вспученного вермикулита, а также образца на основе пенополистирола, вспученного вермикулита и войлока. Приведено сравнение показателей частотных зависимостей звукоизоляции всех образцов на основе пенополистирола и вспученного вермикулита.

В подразделе 3.6 «Общее представление частотных зависимостей звукоизоляции исследованных образцов» представлен общий график частотных зависимостей звукоизоляции всех исследованных в рамках диссертационной работы образцов, а также приведено сравнение частотных зависимостей звукоизоляции образцов на основе вспученного вермикулита с частотной зависимостью звукоизоляции листа гипсокартона, по причине его широкого распространения как облицовочного материала в строительстве.

Четвертая глава «Рекомендации по применению и предлагаемые конструкции» посвящена способам применения вспученного вермикулита для звукоизоляции в засыпных конструкциях, а также в составе штукатурок и вермикулитовых плит.

В подразделе 4.1 «Применение вспученного вермикулита для звукоизоляции в засыпных конструкциях» приводится ряд рекомендаций по применению вспученного вермикулита в засыпных конструкциях для звукоизоляции межэтажных, чердачных и подвальных перекрытий.

В подразделе 4.2 «Применение вспученного вермикулита для звукоизоляции в составе штукатурных растворов» приводятся рекомендации по использованию вспученного вермикулита в составе штукатурных растворов на основе гипса и вермикулита, а также цемента и вермикулита для звукоизоляции стен, а также межкомнатных и межквартирных перегородок.

В подразделе 4.3 «Применение плит из вспученного вермикулита для звукоизоляции» приводятся рекомендации по использованию плит из вспученного вермикулита, а также их монтажу с помощью клея для гипсокартона, дюбель-гвоздей или путем установки каркаса. Помимо монтажа на стены, описаны также особенности крепления плит из вспученного вермикулита на потолок и пол изолируемых помещений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над диссертацией изучены вопросы, касающиеся защиты речевой информации от утечки по акустическому каналу с применением пассивных звукоизолирующих конструкций на основе микро- и макропористых материалов. В диссертации в результате выполнения исследований решены следующие задачи:

– изучены акустические свойства конструкций на основе микро- и макропористых материалов и обоснован выбор вспученного вермикулита в качестве основного материала для создания пассивных звукоизолирующих конструкций;

– проведены измерения звукоослабления сформированных образцов на основе микро- и макропористых материалов, а также обеспечена метрологическая точность измерений;

– обработаны полученные экспериментально результаты измерений, представлены частотные зависимости звукоизоляции исследованных образцов, а также разработаны рекомендации по применению и предложены варианты пассивных звукоизолирующих конструкций на основе микро- и макропористых материалов.

По результатам исследования частотных зависимостей звукоизоляции образцов на основе микро- и макропористых материалов установлено, что показатели звукопоглощения образцов на основе вспученного вермикулита на частотах от 800 до 3150 Гц в среднем на 10-15 дБ выше показателей звукопоглощения листа гипсокартона, который является одним из наиболее популярных и распространенных строительных отделочных материалов.

Предложенные в диссертационной работе материалы в составе пассивных звукоизолирующих конструкций могут быть непосредственно использованы для снижения возможности перехвата речевой информации по акустическому каналу. Вспученный вермикулит в качестве звукоизолирующего материала можно применять как самостоятельно при засыпной изоляции полов, крыш, стен, перегородок, так и в составе бетонов и штукатурок, а также строительных плит.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А Миронов А.А. Акустические свойства защитных конструкций на основе вспученного вермикулита / А.А. Миронов, С.Н. Петров // Технические средства защиты информации: Тезисы докладов XIV Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 25–26 мая 2016г. / БГУИР; Минск, 2016. – 100 с.

2–А Миронов А.А. Акустические свойства элементов комбинированных панелей на основе вермикулита / Т.А. Пулко, С.Н. Петров, А.А. Миронов, Л.Л. Ганьков // Вестник Полоцкого государственного университета. – Готовится к публикации – 6 с.

Библиотека БГУИР