

УДК 534.833.522.4, 534.8.081.7

ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

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

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

Поступила в редакцию 14 марта 2008

Рассматривается возможность использования оптически прозрачных, легких пластиков для создания модульных элементов переговорных кабин. Описана методика проведения измерений звукоизолирующей способности образцов. Исследованы звукоизолирующие свойства оптически прозрачных элементов конструкций.

Ключевые слова: изоляция воздушного шума, кабины для переговоров, оптически прозрачные многослойные конструкции.

Введение

В настоящее время актуальным является вопрос создания оптически прозрачных звукоизолирующих конструкций, которые могут применяться при создании переговорных кабин для защиты информации от утечки по речевому каналу, а также для создания акустически комфортной среды в жилых помещениях и на рабочих местах. Поэтому измерение звукоизоляции и разработка ограждений с повышенной звукоизоляцией в широком диапазоне частот является актуальной проблемой.

Оценить звукопоглощающие свойства материалов теоретическим путем можно лишь приближенно, так как существующие математические модели являются сложными. Поэтому для определения звукоизолирующих свойств материалов, как правило, используются экспериментальные методы исследований [1]. При этом полученные экспериментальные характеристики затем аппроксимируют аналитическими выражениями [2, 3].

Целью работы явилось создание лабораторной установки для исследования звукоизолирующих свойств материалов и экспериментальное исследование свойств разработанных оптически прозрачных конструкций.

Экспериментальная часть

Лабораторная установка, предназначенная для измерения звукоизолирующих свойств материалов состоит из двух частей: металлической трубы толщиной 6 мм (внутренний диаметр — 0,26 м, длина частей — 0,8 и 0,4 м, соответственно), каждая из которых заварена наглухо с внешних торцов, а с внутренних сторон на окружность трубы наварены круговые фланцы с резиновыми прокладками для фиксации экспериментальных образцов (рис. 1).

Внутренние поверхности обеих частей трубы облицованы звукопоглощающим материалом на основе стеклянной ваты, имеющим вид конуса, расширяющегося в направлении открытой части, для уменьшения диффузной составляющей звукового поля.

Обе части трубы закреплены на металлической станине, одна — стационарно, а другая передвигается с помощью червячной передачи. В неподвижной части трубы установлен микрофон марки М-101 с микрофонным предусилителем ВПМ-101. Для уменьшения воздействия вибрации трубы на микрофон, последний подвешен на резиновой нити. В подвижной части трубы установлен двухдиффузорный динамик Pioneer TS-G1709 с номинальным сопротивлением 4 Ома, пиковая/номинальная мощностью 170/35 Вт и чувствительностью 90 дБ.

Сигнал "белого шума", сформированный генератором узкополосных шумовых сигналов ГШС, проходит через усилитель мощности LV-103 и воспроизводится двухдиффузорным динамиком. Регистрация сигнала осуществлялась шумомером-спектроанализатором МАНОМ-4. Измерения проводились в частотном диапазоне от 125 до 8 000 Гц (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид измерительной установки

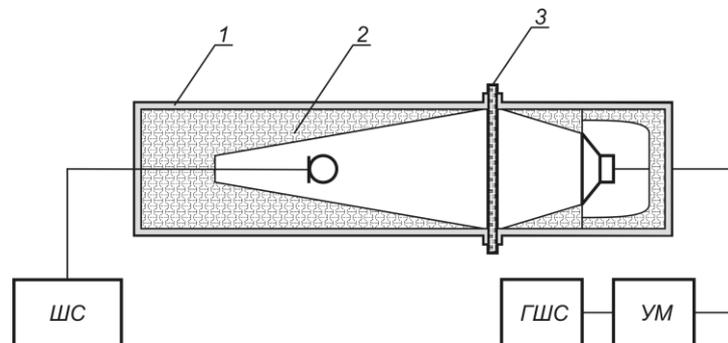


Рис. 2. Схематическое изображение измерительной установки: 1 — металлическая труба; 2 — звукопоглощающий материал; 3 — исследуемый образец; ШС — шумомер-спектроанализатор; ГШС — генератор узкополосных шумовых сигналов; УМ — усилитель мощности

Весь диапазон измерений был разделен на 19 третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300, 8 000 Гц. Звукоизолирующая способность определялась как разность уровней звукового давления при прохождении звука через исследуемый образец и без него.

Созданная лабораторная установка отличается от ближайших аналогов [4] рядом признаков. Фиксация экспериментального образца осуществляется между двумя частями трубы с помощью червячной передачи, что позволяет проводить измерение звукоизолирующих свойств образцов большой толщины и габаритных размеров. Такой способ перемещения подвижной части трубы с источником "белого шума" позволяет избежать осуществления центровки, что делает установку более удобной в обращении, в частности позволяет исследовать конструкции из материалов с малыми значениями твердости и хрупкости.

Результаты и обсуждение

Базовые модульные элементы для создания переговорных кабин и ограждающих конструкций должны иметь высокие значения звукоизоляции при приемлемых массогабаритных характеристиках. Из ряда оптически прозрачных материалов (стекло, акрил, прозрачный ПВХ, поликарбонат) был выбран сотовый поликарбонат, удельный вес которого для панели толщиной 10 мм составляет 1700 г/м^2 , а коэффициент изоляции воздушного шума — 19 дБ.

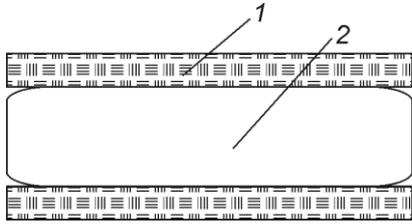
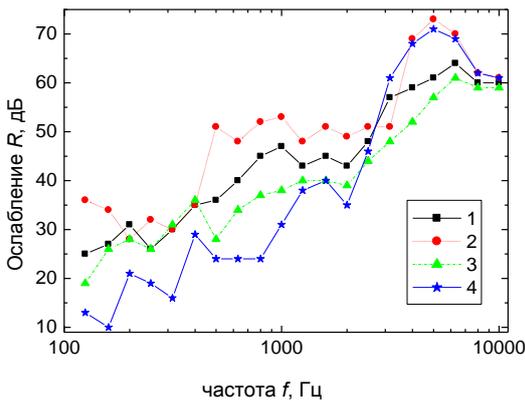


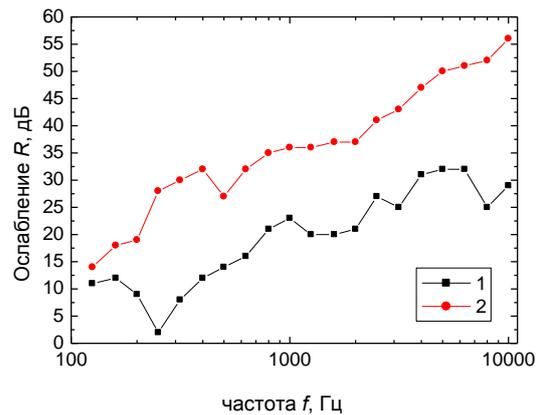
Рис. 3. Структура комбинированной панели из двух листов сотового поликарбоната, разделенных: 1 — листом сотового поликарбоната (толщина 10 мм); 2 — оболочкой из ПВХ, заполненной воздухом (толщина 100 мм)

комбинация двух листов поликарбоната, разделенных оболочкой из прозрачного ПВХ, заполненной воздухом (рис. 3). Также исследовалась звукоизолирующая способность листового оргстекла толщиной 8 мм (масса $\sim 4,5 \text{ кг}$) и стеклопакета из оргстекла с размерами $400 \times 400 \times 12 \text{ мм}$ и толщиной стекла 2 мм (масса заполненного воздухом — 1,5 кг, водой — 4 кг).

По полученным в результате эксперимента данным построены зависимости ослабления звуковых волн от частоты (рис. 4, 5).



а



б

Рис. 4. Частотные характеристики изоляции воздушного шума: а) стеклопакетов: 1 — однокамерного, заполненного водой (силикатное стекло); 2 — однокамерного, заполненного воздухом (силикатное стекло); 3 — однокамерного, заполненного водой (органическое стекло); 4 — однокамерного, заполненного воздухом (органическое стекло); б) сотового поликарбоната: 1 — одиночного листа; 2 — одиночного листа, заполненного водой

На рис. 4,а представлены звукоизоляционные свойства стеклопакетов из органического и силикатного стекла, заполненных воздухом и водой. Стеклопакет из силикатного стекла, заполненный водой, показал результат на 5–10 дБ меньше, заполненного воздухом, во всем диапазоне измерений.

В диапазоне частот, начиная от 125 до 1 600 Гц стеклопакет из оргстекла, заполненный воздухом, показал значение звукоизоляции на 12–17 дБ меньше чем не заполненный водой. На частотах, начиная от 2 500 Гц показатель звукоизоляции стеклопакета заполненного воздухом увеличился на 10–16 дБ, по сравнению с заполненным водой. Следовательно, наполнение стеклопакета водой ухудшало его способность к изоляции воздушного шума, на частотах начиная с 2 500–3 000 Гц.

Для стеклопакета из оргстекла заполнение водой дает увеличение звукоизоляции ~10 дБ на частотах до 2 000 Гц. Это можно объяснить тем, что его масса увеличилась при этом в три раза, (вместе с тем, увеличение массы не вызвало прироста для стеклопакета из силикатного стекла, а наоборот). Из рис. 4,б видно, что заполнение ячеек листа сотового поликарбоната водой привело к увеличению изоляции от воздушного шума на ~10–15 дБ. Это можно объяснить тем, что его масса увеличилась.

Из рис. 5,а видно, что добавление дополнительной изолирующей емкости (т.е. фактически разнесение двух стенок на расстояние 10 см) привело к увеличению звукоизоляции почти вдвое. Это подтверждает преимущество двойной перегородки. На рис. 5,б показана частотная характеристика изоляции воздушного шума конструкцией из прозрачного ПВХ в форме выпуклой линзы с радиусом кривизны 5 см. С ростом давления внутри оболочки, ее способность к изоляции увеличивалась в диапазоне частот до 500 Гц.

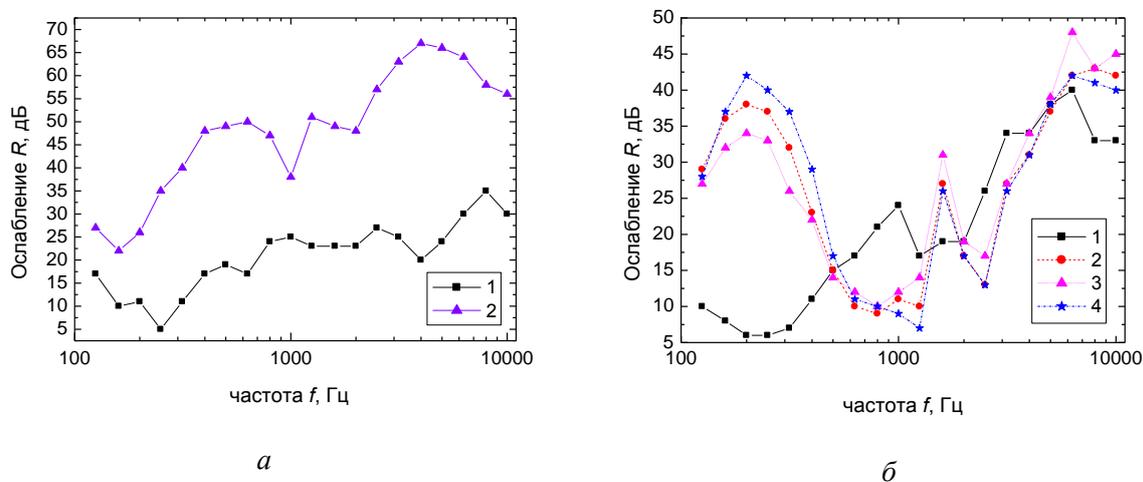


Рис. 5. Частотные характеристики изоляции воздушного шума: а) сотового поликарбоната: 1 — двух листов; 2 — двух листов, разделенных оболочкой из ПВХ, заполненной воздухом; б) конструкции из прозрачного ПВХ в форме выпуклой линзы с радиусом кривизны 5 см: 1 — давление внутри равно атмосферному давлению; 2 — давление внутри равно 0,4 атм., 3 — давление внутри равно 0,3 атм., 4 — давление внутри равно 0,6 атм.

Заключение

Установлено, что наилучшими характеристиками изоляции воздушного шума обладают стеклопакеты из силикатного стекла, заполненные воздухом и водой. Показано, что в качестве конструкционного материала при создании переговорных кабин для защиты информации от утечки по речевому каналу могут использоваться листы сотового поликарбоната, заполненные водой, так как они обладают в два раза большей величиной ослабления воздушного шума. Кроме этого вода обладает способностью экранировать электромагнитное излучение, поэтому водосодержащие элементы из сотового поликарбоната могут быть использованы при создании материалов для защищенных помещений, обеспечивающих комплексную защиту информации и персонала.

SOUNDPROOF PROPERTIES OF TRANSPARENT ELEMENTS FOR SYSTEMS OF SPEECH INFORMATION PROTECTION

S.N. PETROV, A.M. PROUDNIK, G.V. DAVYDAU, L.M. LYNKOV

Abstract

The possibility of using optically transparent, lightweight plastics for creation modular elements for negotiating cells is described. The method of measuring of soundproof properties is proposed. The properties of sound elements optically transparent constructions are investigated.

Литература

1. Цвиккер К., Костен К. Звукопоглощающие материалы. М., 1952.
2. Справочник по технической акустике: Пер. с нем. / Под ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера. Л., 1980.
3. Комкин А.И., Никифоров Н.А. Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 6. С. 22–26.
4. Балаковорезинотехника. <http://www.balrt.ru>.