

УДК 534.833.522.4, 534.8.081.7

ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

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

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

Поступила в редакцию 10 июня 2007

Рассматривается возможность использования оптически прозрачных, легких пластиков для создания базовых элементов переговорных кабин. Описывается методика проведения измерений. Приводятся экспериментально полученные значения величины собственной звукоизоляции различных образцов.

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

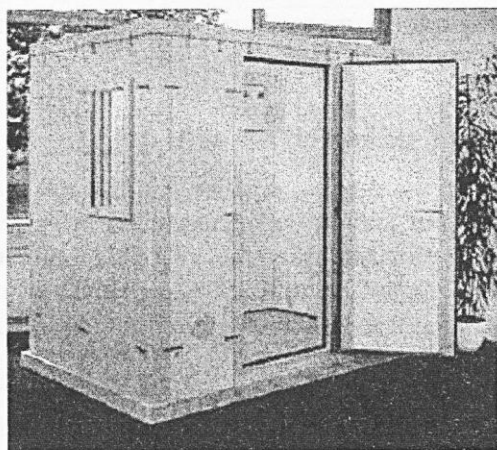
Введение

В настоящее время ведется разработка различных вариантов модульных переговорных кабин. Например, компания StudioBox (Германия) производит стандартизированные модульные акустические комнаты для различного применения [1]. Линия изделий компании включает в себя комнаты для студий, радио/телевидения, музыкантов, научных исследований, конференций, здравоохранения и пр.

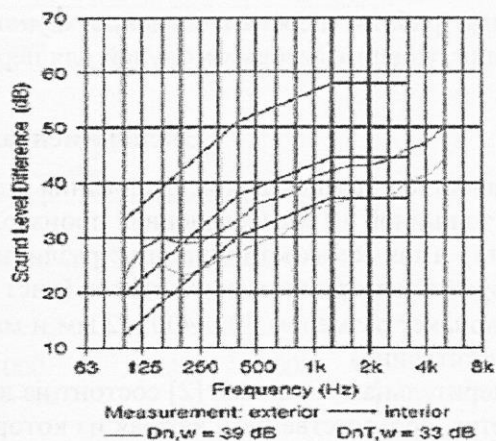
Отличительными особенностями всей выпускаемой продукции являются хорошие акустические характеристики, высокая технологичность, применение экологически чистых материалов. Например, акустические кабины StudioBox построены из модулей-моноблоков шириной 60 см. Моноблочная конструкция означает, что пол, стены и элементы потолка полностью производятся на фабрике. Инсталляционное время для акустической кабины стандартного размера составляет до четырех часов. Для сборки не требуется дополнительного распиливания, сверления, или другой механической обработки.

Внешний вид и показатели звукоизоляции акустических кабин StudioBox приведены на рис. 1 и рис. 2.

В тех случаях, когда кабины используются при проведении конфиденциальных переговоров, главное требование к ним заключается в том, чтобы за пределами кабины уровень звука не превышал определенной величины. При соблюдении этого требования осуществить перехват речевой информации средствами технической разведки становится очень сложно. Однако, если устройство для снятия речевой информации будет помещено внутрь кабины, или же вмонтировано в саму кабину, звукоизолирующие свойства кабины уже не играют никакой роли. В случае, если кабина будет изготовлена из оптически прозрачного материала, у пользователя появится возможность визуального обнаружения закладных устройств.

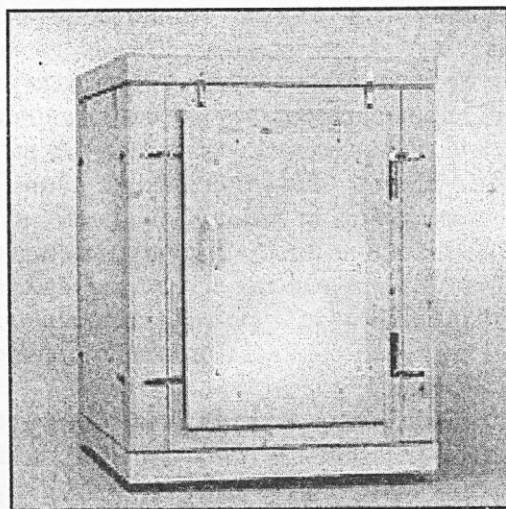


a

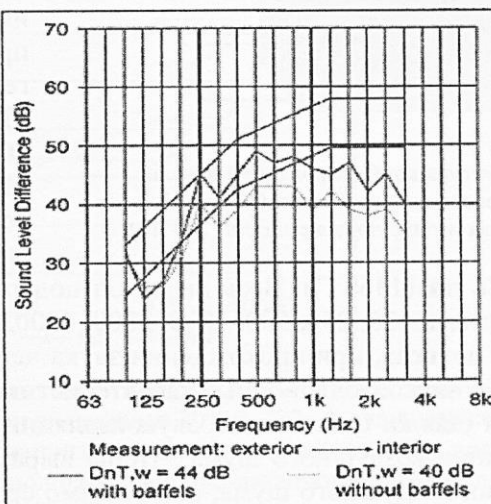


b

Рис. 1. Акустическая кабина StudioBox серии Standard: *a* — внешний вид кабины, *б* — звукоизоляционные характеристики кабины (коэффициент воздушной звукоизоляции звука, проникающего внутрь кабины с внешней стороны)



a



b

Рис. 2. Измерительная кабина StudioBox: *a* — внешний вид кабины, *б* — звукоизоляционные характеристики кабины (указан коэффициент воздушной звукоизоляции звука, проникающего внутрь кабины с внешней стороны)

Соответственно, к материалам для изготовления кабины предъявляется ряд требований. При приемлемых массогабаритных характеристиках конструкция должна иметь высокое значение собственной звукоизоляции. Из известных светопрозрачных материалов нами выбран поликарбонат, который наиболее точно соответствует этим требованиям.

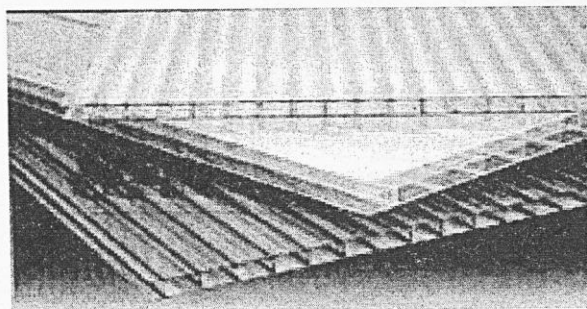


Рис. 3 Панели сотового поликарбоната

Сотовый поликарбонат (рис. 3) представляет собой полые прозрачные (тонируемые, белые светорассеивающие) панели толщиной от 4 до 40 мм и габаритами до 2,1×12,0 м. Панель может содержать от двух до пяти слоев, соединенных продольными ребрами жесткости. Данный материал обладает очень высокой степенью ударпрочности. Благодаря воздушным прослойкам панели имеют малую массу (удельный вес примерно 1700 г/м² для панели толщиной 10 мм). Сотовый поликарбонат относится к категории пожаробезопасных материалов (трудновоспламеняемый, самозатухающий, не распространяющий горение).

новоспламеняемый, самозатухающий, не распространяющий горение).

Целью работы является изучение звукоизолирующих свойств оптически прозрачных элементов для создания базовых модулей для переговорных кабин.

Экспериментальная часть

В качестве образцов для исследования были взяты панели сотового поликарбоната марки "Sellex" толщиной 10 мм (заявленная производителем величина звукоизоляции — 19 дБ для одного листа), а так же их комбинации с различными материалами (рис. 4). Исследованы свойства конструкций из органического стекла (лист оргстекла толщиной 8 мм и массой примерно 4,5 кг, стеклопакет размером 400×400×12 мм и массой 1,5 кг и 4 кг — заполненный воздухом и водой соответственно)

Измерительная установка [2] состоит из двух труб (внутренний диаметр — 0,3 м, длина — 0,8 и 0,4 метра, соответственно), каждая из которых заварена наглухо с одного торца, и имеет форму кругового фланца для фиксации образца с другого. Обе части закреплены на станине, одна неподвижно, а другая передвигается с помощью червячной системы. В неподвижной части

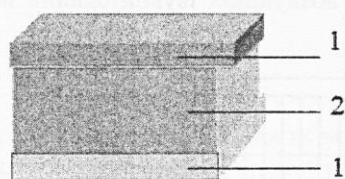


Рис. 4. Структура комбинированной панели: 1 — панель сотового поликарбоната (10 мм); 2 — дополнительная изолирующая емкость (100 мм)

трубы установлен микрофон, в подвижной широкополосный динамик. Стенки обеих частей облицованы звукопоглощающим материалом, имеющим вид конуса, расширяющегося в направлении открытой части. Сигнал формируется генератором узкополосных шумовых сигналов ГШС, проходит через усилитель мощности LV-103 и воспроизводится двухдиффузорным динамиком Pioneer TS-G1709. Регистрация сигнала осуществляется с помощью шумомера ВШВ-003. Измерения производятся в частотном диапазоне от 88 до 11360 Гц. Весь диапазон поделен на 7 октавных полос со среднегеометрическими частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Разность уровней звукового давления в октавных полосах, при прохождении звука через материал образца и при прямом прохождении отражает звукоизоляционные характеристики образца.

Для оценки собственной звукоизоляции образца использовалась частотная характеристика изоляции воздушного шума. Чтобы выразить изоляционные свойства материала индексом изоляции воздушного шума, необходимо сравнить измеренную частотную характеристику ослабления звука с нормативной. Поскольку нормативная кривая строится в третьоктавных полосах, а данные измерения проводились в октавных, выражение звукоизолирующих свойств материала через индекс воздушной звукоизоляции будет неточным.

Для оценки собственной звукоизоляции образца использовалась частотная характеристика изоляции воздушного шума. Чтобы выразить изоляционные свойства материала индексом изоляции воздушного шума, необходимо сравнить измеренную частотную характеристику ослабления звука с нормативной. Поскольку нормативная кривая строится в третьоктавных полосах, а данные измерения проводились в октавных, выражение звукоизолирующих свойств материала через индекс воздушной звукоизоляции будет неточным.

Графики представлены на рис. 5–9.



Рис. 5. Частотная характеристика изоляции воздушного шума: №1 — стеклопакет из оргстекла заполненный воздухом; №2 — стеклопакет из оргстекла заполненный водой



Рис. 6. Частотная характеристика изоляции воздушного шума: №1 — лист сотового поликарбоната 10 мм; №2 — два листа сотового поликарбоната 20 мм; №3 — лист оргстекла толщиной 8 мм

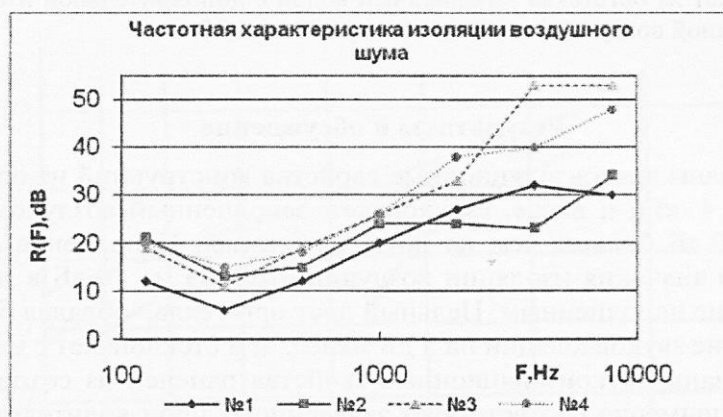


Рис. 7 Частотная характеристика изоляции воздушного шума: №1 — лист сотового поликарбоната 10 мм; №2 — два листа сотового поликарбоната 20 мм; №3 — два листа сотового поликарбоната с прослойкой из полотна машино-вязанного трикотажа между листами; №4 — два листа сотового поликарбоната с полотном машино-вязанного трикотажа (трикотаж со стороны падения звука)

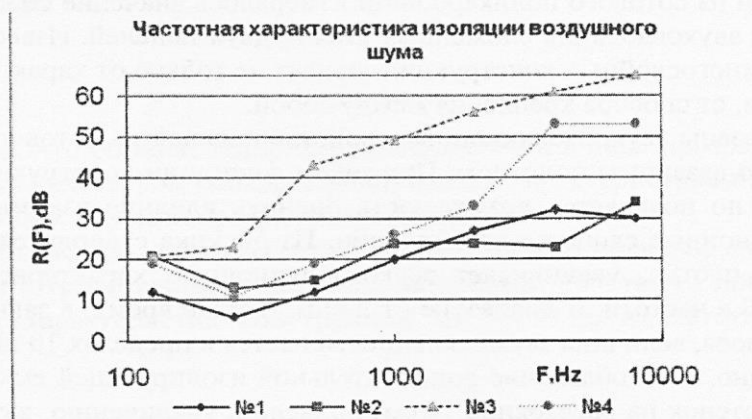


Рис. 8. Частотная характеристика изоляции воздушного шума: №1 — лист сотового поликарбоната 10 мм; №2 — два листа сотового поликарбоната 20 мм; №3 — два листа сотового поликарбоната с дополнительной изолирующей емкостью, заполненной воздухом, толщина между листами 10 см; №4 — два листа сотового поликарбоната с прослойкой из полотна машино-вязанного трикотажа между листами

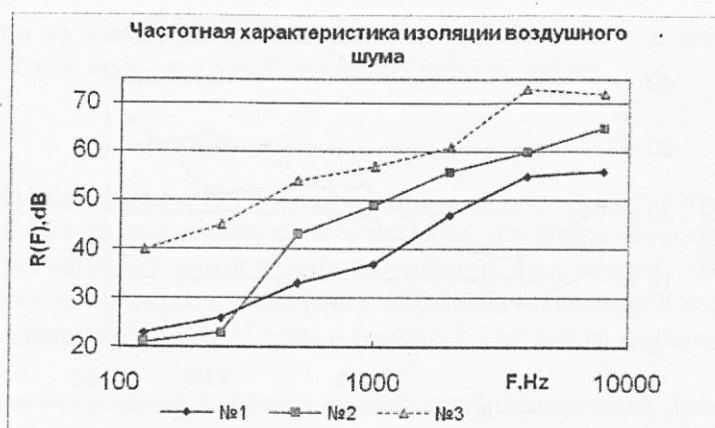


Рис. 9. Частотная характеристика изоляции воздушного шума: №1 — стеклопакет из оргстекла заполненный водой; №2 — два листа сотового поликарбоната с дополнительной изолирующей емкостью, заполненной воздухом, толщина между листами 10 см; №3 — стеклопакет из оргстекла заполненный водой с дополнительной изолирующей емкостью, заполненной воздухом, толщина между листами 10 см

Результаты и обсуждение

На рис. 5 показаны звукоизоляционные свойства конструкций из оргстекла. В диапазоне частот, начиная от 4 кГц и выше, стеклопакет, заполненный воздухом, показал значение звукоизоляции на 7–10 дБ больше чем на других образцах. Наполнение стеклопакета водой привело к увеличению значения изоляции воздушного шума на 10 дБ в диапазоне частот до 2 кГц, по сравнению с не наполненным. Цельный лист оргстекла, обладая большей массой, тем не менее, имеет значение звукоизоляции на 5 дБ менее, чем стеклопакет с водой.

На рис. 6 показаны звукоизоляционные свойства панелей из сотового поликарбоната. Измеренное значение примерно соответствует заявленному производителем (19 дБ). Звукоизоляция двух, составленных вместе листов увеличилась незначительно, а начиная с частоты 2 кГц, уменьшилась на 5–10 дБ. Величина ослабления звука оказалась меньше чем у стеклопакета из оргстекла примерно на 7 дБ в области частот до 1000 Гц и на 20 дБ в диапазоне от 1000 Гц. При этом, масса поликарбонатной панели значительно меньше массы стеклопакета. Это можно объяснить тем, что стеклопакет представляет собой законченную конструкцию, в то время как для панелей из сотового поликарбоната измерялось значение собственной звукоизоляции одного листа и звукоизоляция сложенных вместе двух панелей. Известно, что звукоизоляционные свойства многослойных конструкций зависят не только от характеристики слоёв, но и в значительной мере, от способа крепления между собой.

На рис. 7 показаны звукоизоляционные свойства панелей из сотового поликарбоната в комбинации с машино-вязанным полотном. При таком сочетании конструкция не является оптически прозрачной, но появляется возможность оценить влияние взаимного расположения слоев на звукоизоляционные свойства конструкции. Из рисунка становится видно, что добавление трикотажного полотна, увеличивает звукоизоляционные характеристики конструкции примерно на 10–20 дБ в частотном диапазоне от 2 кГц. В тоже время, в зависимости от взаимного расположения слоев, величина звукоизоляции меняется в пределах 10 дБ.

Из рис. 8 видно, что добавление дополнительной изолирующей емкости (т.е. фактически разнесение двух стенок на расстояние 10 см) привело к увеличению звукоизоляции почти вдвое в полосе частот от 500 Гц. Это подтверждает преимущество двойной перегородки. Приведенная ниже таблице (по Сэбину) дает звукоизолирующую способность в функции от расстояния между двумя стеклянными перегородками [3].

Зависимость звукоизоляции двойной перегородки от расстояния между стенками

Расстояние при установке, см	R, дБ
------------------------------	-------

0	32
3	38
10	41
18	44
24	46
30	48

На рис. 9 представлены результаты для данных конструкций.

По результатам испытаний некоторые образцы показали результат, близкий по значению с звукоизоляционными свойствами массивных, крупногабаритных конструкций. Следует отметить, что звукоизоляция между двумя помещениями и звукоизолирующая способность ограждения – два различных понятия.

На рис. 10 приведена частотная характеристика звукоизолирующей способности для легкой стенки (70 кг/м^2), оштукатуренной с обеих сторон и рассчитанная кривая. Звукоизоляция на низких частотах нарастает медленнее, чем следует из теории, проходит через минимум, затем нарастает. Частотные характеристики для всех исследуемых перегородок имеют аналогичный характер [3].

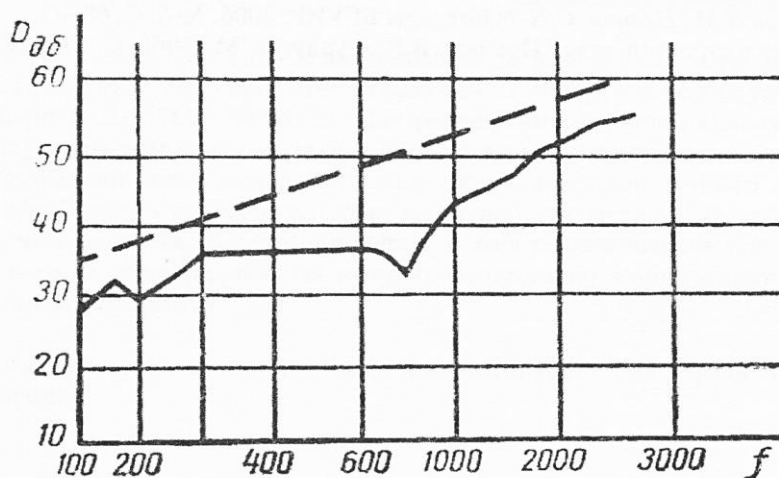


Рис. 10. Частотная характеристика изоляции воздушного шума: сплошная линия — практически измеренная звукоизолирующая способность стенки; прерывистая линия — рассчитанная кривая

Выводы

Установлено, что образец материала, выполненный в виде прозрачного стеклопакета и заполненного водным раствором обладает наилучшими характеристиками изоляции воздушного шума по сравнению с другими прозрачными материалами.

Показано, что использование облегченных по весу прозрачных материалов из поликарбоната в сочетании с трикотажными машинно-вязанными полотнами приводит к увеличению звукоизолирующих характеристик конструкций на 10–20 дБ в частотном диапазоне более 2 кГц.

ACOUSTIC INSULATION PROPERTIES OF OPTICAL TRANSPARENT ELEMENTS OF VOICE INFORMATION PROTECTION MEANS

H. DAVYDAU, L. LYNKOV, S. PETROV

Abstract

Acoustic properties of optical transparent lightweight plastics are investigated under the described herein measuring procedure. It is proposed to apply tested materials for basic module of silence cabinets designing. Experimental results of optical transparent plastics acoustic insulation coefficient measurements are given.

Литература

1. Степанов Н. // Звукорежиссер [Электрон, ресурс]. М., 2002. № 10. — Режим доступа: <http://www.rus.625-net.ru/625/2002/10/r5.htm>
2. Давыдов Г.В., Лыньков Л.М., Петров С.Н. // Доклады БГУИР. 2006. № 6. С. 68–73.
3. Контюри Л. Акустика в строительстве / Под ред. В.В. Фурдуева. М., 1960. С. 173–182.