Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Шульженко В.Н., канд. техн. наук, проф.,
Степанова М. Н., канд. техн. наук, ст. преп.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВРЕМЕННЫЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ*

zchs@intbel.ru

Приведены результаты теоретических исследований звукопоглощающих строительных материалов и конструкций, дана их классификация по форме, по структурным признакам, по величине коэффициента звукопоглощения в определенном диапазоне частот, что позволило среди многообразия применяющихся сейчас конструкций звукопоглощающих облицовок выделить три основных группы, охватывающих все виды выпускаемых в нашей стране изделий и отличающихся специфическими признаками как конструктивного, так и акустического характера.

***Ключевые слова**: акустика, звукопоглощение, коэффициент звукопоглощения, ограждающая конструкция, классификация, облицовка.*

Введение. Звукопоглощающие материалы классифицируются по следующим основным признакам: эффективности, форме жёсткости (величине относительного сжатия), структуре и возгораемости [1, 2].

По форме звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на штучные (блоки, плиты); рулонные (маты, полосовые прокладки, холсты); рыхлые и сыпучие (вата минеральная и стеклянная, керамзит, вспученный перлит и другие пористые зернистые материалы) [3].

По структурным признакам звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на пористо-волокнистые, пористо-ячеистые (из ячеистого бетона и перлита) и пористо-губчатые (пенопласты, резины) [4].

Основная часть. При падении звуковой волны на ограждающую поверхность часть звуковой энергии отражается и часть поглощается материалом. Коэффициент звукопоглощения представляет собой отношение, характеризующее количество поглощенной энергии $E_{ПОГЛ}$ к падающей $E_{ПАД}$ [5]:

$$\alpha = (E_{ПАД} - E_{ОТР}) / E_{ПАД} = E_{ПОГЛ} / E_{ПАД} \quad (1)$$

где $E_{ОТР}$ – энергия отраженной звуковой волны.

Звукопоглощающие материалы предназначены для гашения воздушных шумов и регулирования акустических характеристик помещений, поэтому они должны обладать хорошим звукопоглощением, которое характеризуется среднеарифметическим реверберационным коэффициентом звукопоглощения α.

На величину α оказывают влияние уровень и характеристика звука (шума), свойства звукопоглощающего материала и в первую очередь характер и объем пористости этого материала, конструктивные особенности устройства звукопоглощающей облицовки ограждения [6].

Решающее влияние на звукопоглощение оказывает частота звуковой волны, т. е. один и тот же материал может хорошо поглощать высокочастотный звук и плохо низкочастотный. Поэтому α определяют для каждого материала при нескольких значениях частот [7]. Весьма существенное влияние на α оказывают общий объём и характер пористости.

Наилучшие условия для поглощения звука создаются в материалах с сообщающейся пористостью. Для уменьшения количества отраженной энергии пористость звукопоглощающего материала должна быть открытой. С возрастанием частоты звука α одного и того же материала возрастает. При этом в диапазоне высоких частот его значения несколько снижаются. Наименьшим значением α звукопоглощающие материалы характеризуются в диапазоне низких частот (ниже 250 Гц). Низкочастотные волны в материал почти не проникают [8].

Выявлено, что высокочастотные волны лучше проникают в поры малых размеров без значительного отражения.

В табл.1 приведены значения коэффициента звукопоглощения наиболее распространенных акустических материалов [9].

Материалы, значения α которых более 0,4 при частоте 1000 Гц, относят обычно к эффективным.

Выше было отмечено, что высокочастотные волны хорошо поглощаются порами малых размеров. Макропоры фибролита нельзя отнести к таковым. Однако малые поры в большом количестве имеются в древесной шерсти, из которой фибролит изготовляют. Этим и можно объяснить достаточно высокие значения α при высоких частотах. Отсюда следует, что для эффективного гашения высокочастотного звука надо не только создавать мелкопористую структуру в акустическом материале, но и применять для его изготовления сырьевые материалы, характеризующиеся большим объемом естественных пор малых размеров [10].

Таблица 1

Значения α некоторых акустических материалов

Материал	Значения α на частотах, Гц				
	125	500	1000	2000	4000
Плиты минераловатные	0,05	0,66	0,91	0,96	0,89
Плиты ячеистобетонные	0,08	0,36	0,62	0,77	0,76
Акустический фирболит	0,06	0,25	0,38	0,58	0,63

При проектировании и строительстве ограждающих конструкций необходимо учитывать звукопоглощающие свойства различных материалов и правильно их использовать [11].

Практически любая поверхность в той или иной степени поглощает звуковую энергию. Поглощение звуковой энергии различными материалами и конструкциями происходит за счет реактивных потерь при колебаниях конструкции.

Обычные строительные материалы – стекло, бетон, штукатурка и т.п. в общем случае имеют ничтожно малые коэффициенты звукопоглощения (чаще всего в диапазоне 0,01 – 0,05), т.е. практически полностью отражают падающие звуковые волны. Поэтому для устранения отраженной части звукового поля требуется применение специальных материалов или конструкций, обладающих значительно более высокими коэффициентами звукопоглощения и получивших название звукопоглощающих. Основное назначение таких конструкций заключается в снижении энергии отраженных волн при их падении на поверхность [12].

В настоящее время стандартизирована классификация звукопоглощающих материалов и изделий по величине коэффициента звукопоглощения α в определенном диапазоне частот. Материалы и изделия с α>0,8 в диапазоне низких (63, 125, 250 Гц), средних (500, 1000 Гц) и высоких (2000, 4000 и 8000 Гц) частот отнесены к первому классу звукопоглотителей, обеспечивающих максимальное снижение уровня звукового давления. Для второго класса в тех же диапазонах частот величина α лежит в пределах 0,4 – 0,8, а для третьего – 0,2-0,4 [13].

Использование этого основного акустического признака позволило среди многообразия применяющихся сейчас конструкций звукопоглощающих облицовок выделить три основные группы, охватывающие все виды выпускаемых в нашей стране изделий и отличающихся специфическими признаками как конструктивного, так и акустического характера.

К первой группе звукопоглощающих элементов, получивших наибольшее распространение и названных плоскими, относятся элементы, изготовленные из материалов полной заводской готовности (плиты типа «Акмигран», ПА/С, ПА/О и др.), а также выполненные в виде съемных кассет из перфорированных (металлических, асбестоцементных, гипсовых) покрытий со звукопоглощающими слоями из ультратонкого стекло- и базальтового волокна или минераловатных плит различных модификаций. Конструктивные элементы этой группы характеризуются коэффициентами звукопоглощения, как правило, не превышающими 0,8–0,9, и с учетом ограниченности занимаемой ими в помещении площади обеспечиваемый такой облицовкой средний коэффициент звукопоглощения в большинстве случаев не превышает 0,5.

Вторую группу звукопоглощающих элементов составляют так называемые объемные звукопоглощающие элементы, отличающиеся повышенным (по сравнению с плоскими элементами) на 50 – 70 % коэффициентом звукопоглощения за счет дополнительного поглощения вследствие явлений дифракции звуковых волн и более развитой поверхности поглощения. Конструкция объемных элементов относительно проста. Каждый элемент состоит их металлического каркаса, обтянутого дюралюминиевой просечно-вытяжной сеткой и заполненного ультратонким стекловолокном в оболочке из стеклоткани. Два таких элемента длиной 3 м, шириной 0,3 м и высотой сечения 0,25 – 0,35 м составляют панель потолка общей площадью около 1,5 м. Относительно небольшая масса панели (до 15 кг) позволяет легко осуществлять ее монтаж даже в условиях действующего цеха.

Третья группа звукопоглощающих элементов, являющаяся по существу одной из новых форм объемного элемента, два размера которого значительно превосходят третий, была выделена в самостоятельную из-за исключительной простоты изготовления и монтажа, экономичности, удовлетворительного внешнего вида и высоких огнестойких качеств и получила название элементов кулисного типа [14].

Звукопоглощающие материалы применяются в основном в звукопоглощающих облицовках производственных помещений и технических устройств, требующих снижения уровня шумов (промышленные цехи, машинописные бюро, установки вентиляции и кондиционирования воздуха и др.), а также для создания оптималь-

ных условий слышимости и улучшения акустических свойств помещений общественных зданий (зрительные залы, аудитории, радиостудии и пр.). Звукопоглощающая способность материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор, максимальный диаметр которых обычно не превышает 2 мм (общая пористость должна составлять не менее 75 % по объёму).

Звукопоглощающие материалы имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение и могут обладать различной степенью жёсткости (мягкие, полужёсткие, твёрдые) [15].

Выбор материала зависит от акустического режима, назначения и архитектурных особенностей помещения.

Наиболее часто для производственных помещений применяются звукопоглощающие облицовки, состоящие из пористых волокнистых звукопоглощающих материалов, закрытых со стороны помещения перфорированными экранами, которые защищают звукопоглощающий материал от механических повреждений и обеспечивают удовлетворительный декоративный вид. Толщина звукопоглощающего материала принимается равной 50 - 100 мм. Чтобы предотвратить высыпание волокнистых материалов через отверстия перфорации, между листом экрана и волокнистым материалом помещается слой тонкой акустически прозрачной ткани.

Кроме того, можно привести следующие виды звукопоглотителей [16]:

1. Пористо-колебательные системы, в которых наблюдается не только поглощение звуковой энергии за счет пористости материала, но и активное сопротивление системы, совершающей вынужденные колебания под действием падающей звуковой волны (портьеры, завесы).

2. Колебательные системы, в которых звуковая энергия поглощается при вынужденных колебаниях конструкции под действием подающей звуковой волны (фанерные щиты, щиты из пластмассы, сухая штукатурка).

3. Резонансные системы, в которых звуковая энергия поглощается при резонансных колебаниях объема воздуха .

4. Резонансно-колебательные системы, представляющие собой совокупность колебательных систем с воздушными резонаторами, в которых звуковая энергия поглощается за счет резонансных колебаний воздушных объемов и колебаний перфорированных мембран под воздействием падающей звуковой волны.

Звукопоглощающие свойства наиболее ярко выражены в окружающих конструкциях, имеющих пористую структуру, однако недостатком таких конструкций являются плохие санитарно - гигиенические свойства (накапливание пыли, сложность ее удаления).

Вывод: таким образом, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы должны обладать повышенной способностью поглощать и рассеивать звуковые волны.

Кроме того, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы и изделия должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими свойствами в течение всего периода эксплуатации; быть био- и влагостойкими; не выделять в окружающую среду вредных веществ.

Звукопоглощающие изделия, как правило, должны обладать высокими декоративными свойствами, так как их одновременно используют и для отделки внутренних поверхностей ограждений зданий.

**Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов Л.М., Веселовский М.Б. Эффективность звукоизолирующих ограждений на низких частотах Борьба с шумом и звуковой вибрацией. М.: Знание, МДТНП, 1984. С.112–117.

2. Горяйнов К.Э., Коровникова В.В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1975. 217с.

3. Звукопоглощающие материалы и конструкции: Справочник. М.: Связь, 1970. 124 с.

4. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов М.: Стройиздат, 1964. 382 с.

5. Исакович М.А. Общая акустика М.: Наука, 1973. 496 с.

6. Погодин А.С. Шумоглушащие устройства М.: Машиностроение, 1973. 179 с.

7. Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Поренштейн И.В. Борьба с шумом на производстве: Справ. М.: Машиностроение, 1985. 393 с.

8. Радоуцкий В.Ю. Сравнительный анализ оптимальных параметров акустических материалов различного состава // Материалы международной научной конференции «Образование, наука, производство и управление в XXI веке». Старый Оскол.: 2004.

9. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума (СНиП 23-03-2003). М.: Стройиздат, 2003. 39 с.

10. Скучик Е. Основы акустики М.: Мир, 1976. Т2. 544 с.

11. Руководство по измерению и расчету акустических характеристик звукопоглощающих материалов. М.: Стройиздат, 1979. 22 с.

12. Борисов Л.А., Осипов Г.Л., Юдин Е.Я., Хюбкер Г.и др. Снижение шума в помещениях средствами звукопоглощения // Снижение шума в зданиях и жилых районах М.: Стройиздат, 1987. С. 403–425.

13. Штанов Е.Н. Строительные материалы: Справочник. Нижний Новгород: Изд-во «Вента-2», 1995. С.176–179.

14. Борисов Л.А., Сергеев М.В., Чудинов Ю.М. Метод расчета звукопоглощающих систем кулисного типа // Труды НИИСФ. Исследования по строительной акустике. М.: ЦИНИС, 1981. С.15–21.

15. Сапожков М.А. Акустика. Справочник. М.: Радио и связь, 1989. 157 с.

16. Борисов Л.А., Велижанина К.А. Объемные поглотители звука // Доклады IV Всесоюзной акустической конференции. М.: АН СССР, 1968. С.4–13.

Radoutsky V.Yu., Stepanova M.N., Shulzhenko V.N.

MODERN SOUND-ABSORBING MATERIALS AND STRUCTURES

The work presents the findings of theoretical research of sound-absorbing building materials and structures and suggests their classification by structural features and by sound-absorption coefficient in a certain frequency range, which allows dividing the whole variety of currently used sound-absorption linings into three main parts, comprising all the types of such products manufactured in Russia and characterized by both structural and acoustic specific features.

***Key words**: acoustics, sound absorption, sound-absorption coefficient, enclosing structures, classification, lining.*

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: zchs@intbel.ru

Шульженко Владимир Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: zchs@intbel.ru

Степанова Мария Николаевна, кандидат технических наук.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: zchs@intbel.ru