УДК 691-478

И. Х. Исрафилов, Л. Н. Шафигуллин

ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ключевые слова: звукопоглощающий материал, легкая промышленность, сэндвичевая система, машиностроение.

Современное производство предъявляет высокие требования к уровню шума на рабочих местах, жилых помещениях и т.д. Эффектным средством борьбы с шумом является использование звукопоглощающих материалов, производимых легкой промышленностью. Для повышения звукопоглощающей способности материалов и конструкций необходимо использование сэндвичевой системы, включающей перфорированную гофрированную фольгу, звукопоглощающий материал, конструкционный стеклопластиковый слой.

Keywords: sound-absorbing material, light industry, the sandwich system, engineering.

The modern production of high demands to the noise level in the workplace, residential areas, etc. Spectacular way to combat noise is the use of sound-absorbing materials produced by light industry. To improve the sound absorption material and construction of the sandwich system must be used, comprising a perforated corrugated foil and a sound-absorbing material, the structural layer of fiberglass.

Введение. В настоящее время легкая промышленность играет огромную роль в экономиках развивающихся стран (Пакистан, Индия, Вьетнам и т.д.). Россия занимает незаслуженно низкое место среди стран БРИК по уровню развития легкой промышленности. Наша страна обладает всеми необходимыми трудовыми, природными и технологическими ресурсами для развития данной отрасли. Высокая конкуренция в данной отрасли приводит к поиску ценовых и продуктовых ниш для завоевания рынков сбыта.

Актуальность. Одним из перспективных направлений развития легкой промышленности является разработка и изготовление звукопоглощающих материалов и изделий. Современное производство предъявляет высокие требования к снижению уровня фонового шума, создаваемого элементами станочного оборудования, силовыми узлами, транспортными средствами и т.д. [1].

С позиции физиологии и экологии человека шум – это звуковой раздражитель, который в целом характеризуется сочетанием различных по интенсивности и частоте компонентов. Шум служит фактором сенсорной, информативной перегрузки и является типичным стресс-фактором. Акустический дискомфорт отрицательно сказывается на самочувствии и работоспособности людей[2]. В среднем уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА. В результате анализа отчетов по замеру уровня шума на рабочих местах на ряде машиностроительных предприятий выявил значительное превышение заданного показателя (уровень шума свыше 100 дБА). Повышенный уровень шума пагубно влияет на здоровье людей, приводит к росту профессиональных заболеваний (глухота, виброболезнь и т.д.), повышает вероятность сердечно-сосудистых заболеваний. В этой связи борьба с шумом, создаваемым оборудованием, является актуальной практической задачей.

Экспериментальная часть

На рисунке 1 представлена классификация звукопоглощающих материалов и конструкций [2].

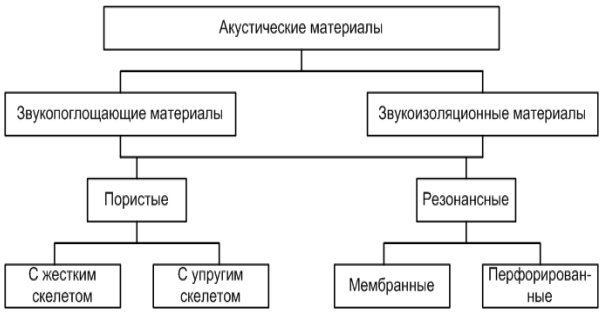

Рис. 1 - Классификация звукопоглощающих материалов и конструкции

Пористые звукопоглотители с жестким скелетом представляют собой недеформируемый звуковой волной скелет (гравий, пемза, шлак) плюс вяжущие материалы (цемент, алебастр, синтетические смолы). Характеризуются невысоким звукопоглощением (на высоких частотах больше, на низких – меньше) [3].

Стенки пористых поглотителей с упругим скелетом способны неупруго деформироваться под действием звуковой волны с переводом части энергии в тепло. К ним относятся: войлок; вата; стекловолокно; драпировки, ковры и т.д. [3].

Звукопоглощение заметно выше, чем у поглотителей с жесткими стенками, и также более эффективно в области высоких частот. Звукопоглощение минимально при расположении вплотную к стене и максимально при размещении на расстоянии четверти длины волны от стены [3].

Звукопоглощение резонансных поглотителей имеет максимум на их резонансной частоте. Резонансные мембранные поглотители представляют собой тонкие пластины, неупруго колеблющиеся под действием звуковой волны. В основном они используются для звукопоглощения в области низких частот [3].

Перфорированные резонаторные поглотители представляют собой пористые материалы, примыкающие к стенам, закрытые жесткой перфорированной решеткой. Звукопоглощение достаточно равномерное в широком диапазоне частот с тупым

максимумом на средних частотах. Диаметр и шаг отверстий позволяют регулировать положение максимума [3].

Требуемая частотная характеристика звукопоглощения формируется комбинацией перечисленных видов поглотителей.

С целью подтверждения известных теоретических положений и разработки рекомендаций по выбору звукопоглощающих материалов и изделий, выпускаемых легкой промышленностью, провели исследования материалов: АА-12.5 SMT; AL-араламино; изомат; стеклопластик; базальтовый фольгированный материал, применяемый для звукоизоляции силовых агрегатов автомобиля Scania; формованная крышка БРТ; базальтовый материал, применяемые для звукоизоляции кабины грузового автомобиля Mercedes-Benz; базальтовый фольгированный материал МБФ-10 (ТУ 5769-001-70983814-2006); композиция уретановая «Сурэл-27» марки 1 ТУ 2253-027-13175942-2011; дисперсно-наполненная композиция уретановая «Сурэл -27» марки 1 ТУ 2253-027-13175942-2011.

Материалы типа АА - группа вспененных шумопоглощающих материалов на самоклеющейся основе. Эти материалы имеют различную толщину вспененного полиуретанового слоя от 5 мм до 70 мм, в частности, в автомобильной промышленности используют материал толщиной 12,5 мм и 25 мм [4].

AL-Араламино представляет собой стеганые стекловолокна большой плотности, с одной стороны материал дублирован алюминиевой фольгой, со второй самоклеящимся слоем. Применяется для звуко- и теплоизоляции машин, оборудования и выхлопных труб [4].

Изомат – представляет собой холст из базальтового волокна, прошитый вязально-прошивным способом с облицовочным материалом или без него. Материал негорючий, невзрывоопасен и нетоксичен [5].

Стеклопластик – стеклонаполненный композиционный материал, состоящий из наполнителя (стеклотканей и стекломатов), и связующего – полиэфирной смолы. Полиэфирная матрица придаёт материалу монолитность, способствует эффективному использованию прочности стекловолокна и распределению усилий между волокнами, защищает стекловолокно от впитывания и расслоения [6].

МБФ-10 - базальтовое огнезащитное волокно без связующего, прошитое вязально-прошивным способом и облицованные алюминиевой фольгой [7].

Композиция уретановая «Сурэл-27» марки 1 - предназначена для получения литьевых уретановых эластомеров «холодного» отверждения твердостью по Шору А: 60-65 усл.ед. Применяется для производства виброизоляторов, амортизаторов, антенн, кабельных вводов и других изделий [8].

В качестве испытательного оборудования использовали прибор для измерения коэффициента звукопоглощения $К_{з.п.}$ - труба Кундта 4002 фирмы «Брюль и Къер». Проводили исследования в частотном диапазоне 315 – 1600 Гц, наиболее восприимчивым органами слуха человека. В качестве определяемой величины брали среднее арифметическое значение трех измерений, лежащих в поле допуска при доверительной вероятности 95%. Если значения выходили за заданные пределы, то проводили дополнительно три опыта и за результат брали среднее арифметическое шести экспериментов. Исследование микроструктуры образцов проводили с помощью микроскопа Альтами МЕТ 3.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2.

Рис. 2 - Композиция уретановая «Сурэл-27» марки 1 (х40)

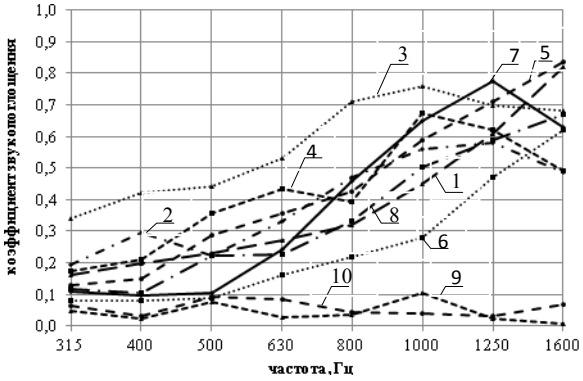

Рис. 3 - Коэффициент звукопоглощения материалов легкой промышленности, применяемых в машиностроении (1 - АА-12.5 SMT; 2 - AL-араламино; 3 - изомат; 4 - базальтовый фольгированный материал (Scania); 5 - базальтовый материал (Mercedes-Benz); 6 - МБФ-10; 7 - композиция уретановая «Сурэл-27»; 8 - дисперсно-наполненная композиция уретановая «Сурэл-27»; 9 - «гладкая» фольга; 10 - гофрированная фольга)

В ходе анализа экспериментальных данных подтверждены теоретические положения, принятые за основу в работе, а именно:

- зависимость звукопоглощения различных материалов от частотного диапазона;

- рост коэффициента звукопоглощения с ростом частоты для материалов с упругим скелетом. Причем для материалов на основе полимерного связующего звукопоглощение связанно с упругим деформированием материала каркаса, эффектов отражения звуковых волн в открытых порах и рассеивания на тупиковых ветках перколяционного каркаса, образуемого дисперсным наполнителем (кривые 1, 7-8) (рис. 3). Для войлочных материалов эффект звукопоглощения связан с гашением звука на границе раздела фаз войлок-воздух (кривые 2-5);

- резонансные наполнители (кривые 9, 10) имеют равномерное звукопоглощение на всем исследуемом диапазоне, при этом гофрирование незначительно влияет на исследуемые свойства;

- наиболее высокие эффекты звукопоглощения наблюдаются у многослойных (сэндвичевых) материалов и изделий, использующих как резонансные так и пористые материалы (кривая 8) (рис. 4). При этом значение звукопоглощения системы выше, чем сумма звукопоглощающих свойств составляющих ее компонентов (свойство неаддитивности), что характерно для материалов с синергетическими эффектами [9].

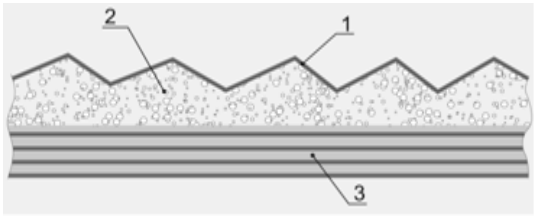

Рис. 4 - Схема сэндвичевой уретановой звукопоглощающей системы: 1 – гофрированный перфорированный слой; 2 - звукопоглощающий уретановый слой; 3 – конструкционный слой

Исследуемые материалы эффективно использовать для производства различных изделий и конструкций, применяемых в автомобильной промышленности и машиностроении: звукопоглощающие экраны для единиц технологического и вспомогательного оборудования, транспортных средств и т.д. Материалы на основе базальтовых волокон обладают дополнительно высокой стойкостью к действию агрессивных сред и температур, что позволяет использовать их для специальных конструкций и изделий, эксплуатируемых в экстремальных условиях: выхлопные трубы, изоляция коллекторов автомобилей, футеровка нагревательных печей и т.д.

Для повышения коэффициента звукопоглощения необходимо применять сэндвичевую конструкцию, включающую: резонансный поглотитель (гофрированную перфорированную фольгу), звукопоглощающий материал, конструкционный стеклопластиковый слой (рис. 4). Данный подход подтверждается многочисленными зарубежными аналогами.

Литература

1. Санитарные нормы 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки»
2. Кочергина К.А., Гармонов С.Ю., Мавлеев А.И., Кочергин А.В. Система сохранения полезной информации и защиты слуха человека на производстве // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. С.162-170.
3. Электроакустические устройства". Date Views 13.12.2013 www.edwardsemyonov.narod.ru/electroacoustics.html.
4. http://www.izolex-ba.sk/al-aralamino.php
5. http://www.izomat.ru/
6. http://kompozit-sib.ru/stsplast.html
7. http://mbfizh.ru/product/
8. http://www.surel.ru/polyurethane/surel-27.php
9.Синергетика дисперсно-наполненных композитов [Text] / А. Н. Бобрышев [и др.]. - М.: ЦКТ, 1999. - 252 с.

© И. Х. Исрафилов - проф., зав. каф. высокоэнергетических процессов и агрегатов, Набережночелнинский институт (филиал) К(П)ФУ; **Л. Н. Шафигуллин -** доц., каф. материалов, технологии и качества, Набережночелнинский институт (филиал) К(П)ФУ, misharin_82@mail.ru.