

УДК 691:699.844

**И. Н. Заплетников**, д-р техн. наук, проф., **В. А. Кириченко**, канд. техн. наук, доцент  
Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-  
Барановского, г. Донецк, ДНР

Тел./Факс: +7 856 3045046; E-mail: [oborud@kaf.donnuet.ru](mailto:oborud@kaf.donnuet.ru)

## КОНСТРУКЦИЯ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В статье представлено описание конструкции звукопоглощающей панели, обладающей широким частотным диапазоном звукопоглощения. Преимуществом предлагаемой звукопоглощающей панели является ее универсальность применения для различных производственных помещений, имеющих самые разнообразные шумовые характеристики. Мембранную звукопоглощающую панель рекомендуется применять в различных отраслях, включая машиностроение, строительство и др., в целях снижения шума в помещениях, а так же шума, издаваемого машинами и механизмами.*

*Ключевые слова:* шум, звукопоглощение, частота, диапазон, мембрана.

**I. N. Zapletnikov, V. A. Kirichenko**

### SOUND-ABSORBING PANEL DESIGN FOR PROCESS EQUIPMENT

*The article describes the design of a sound-absorbing panel with a wide frequency range of sound absorption. The advantage of the proposed sound-absorbing panel is its versatility of application for various industrial premises with a wide variety of noise characteristics. The membrane sound-absorbing panel is recommended for use in various industries, including mechanical engineering, construction, etc., in order to reduce noise in the premises, as well as noise produced by machines and mechanisms.*

*Keywords:* noise, sound absorption, frequency, range, membrane.

#### 1. Введение

При современном уровне развития и интенсификации производства проблема борьбы с шумом стала одной из актуальнейших. Внедрение в промышленность новых технологических процессов, рост мощностей и быстродействия машин и механизмов, увеличение количества транспортных средств приводит к тому, что человек на производстве и в быту постоянно подвергается воздействию шума все более высокой интенсивности. В технической литературе появился даже термин «шумовое загрязнение среды».

Исследованиями гигиенистов установлено, что шум повышенной интенсивности оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека, вызывает серьезные заболевания, приводит к потере трудоспособности, снижает производительность труда на 10...15%, одновременно значительно ухудшая его качество.

Исследованиями установлено, что любой шум создает нагрузку на нервную систему человека. Его воздействие по-разному проявляется у людей в зависимости от возраста, состояния здоровья, характера труда, физического и душевного состояния. Интересна психологическая особенность человека – шум, создаваемый им самим, его не беспокоит, в то же время посторонние шумы оказывают сильное раздражающее действие. Воздействие шума в течение продолжительного времени может привести к возникновению таких заболеваний как неврозы, гипертония и язвенная болезнь, кожные и кишечные заболевания.

При постоянном воздействии шума, например, на таких производствах, как текстильное, на участках, где установлено пищевое оборудование у работающих может

возникнуть профессиональная болезнь – снижение слуха по типу кохлеарного неврита [1].

Повышенный уровень шума возникает и при работе различного технологического оборудования пищевых производств [2, 3, 4].

Для борьбы с шумом часто используют звукоотражающие и звукопоглощающие устройства. Звукопоглощающие устройства обычно имеют однородный звукопоглощающий слой. В качестве материалов, рекомендуемых для изготовления звукопоглощающих панелей, рекомендуются волокнистые и пористые материалы. На практике широкое применение получили соответствующие пеноматериалы с открытыми порами для глушения звука.

Известно, что для того, чтобы звукопоглощающая панель шумозащитной конструкции была высокоэффективной, необходимо выполнение двух условий: она должна обладать высоким внутренним поглощением звуковой энергии, и входной импеданс конструкции должен быть согласован с волновым сопротивлением среды. Для звукопоглощающих панелей на основе волокнистых звукопоглощающих материалов такое согласование обычно достигается либо за счет дистанцирования слоя звукопоглощающих материалов от жесткой стенки, на которую эта конструкция укрепляется, либо путем построения конструкции из большого количества слоев звукопоглощающих материалов с плотностью набивки, незначительной для внешнего слоя и равномерно возрастающей по мере приближения к жесткой стенке. Переменная средняя плотность заполнения пространства звукопоглощающим материалом реализуется также при помощи клиньев из звукопоглощающего материала постоянной плотности, и обращенных острыми концами в сторону падающей звуковой волны. Такая конструкция, в частности, общепринята при обработке стен, потолка и пола заглушенных измерительных камер [5].

Наиболее соответствующей этим требованиям является конструкция звукопоглощающей облицовки (Патент RU № 2622934, МПК : G10K11/16, E04B1/84, 21.06.2017 г.). Звукопоглощающая облицовка выполнена в виде жесткой и перфорированной стенок, между которыми расположен многослойный звукопоглощающий элемент. Многослойный звукопоглощающий элемент выполнен в виде двух слоев, один из которых, прилегающий к жесткой стенке, является звукопоглощающим, а другой, прилегающий к перфорированной стенке, выполнен из звукоотражающего материала сложного профиля, состоящего из равномерно распределенных пустотелых тетраэдров. Недостатком такой панели является то, что пустоты, расположенные между перфорированной стенкой и звукопоглощающими элементами, практически не задействованы в работе как резонирующие объемы, что уменьшает эффективность глушения шума и диапазон частот эффективного звукопоглощения.

## **2. Основное содержание и результаты работы**

В основу данной работы поставлена задача создания конструкции звукопоглощающей панели, обладающей широким частотным диапазоном звукопоглощения.

Задача была решена путём применения в конструкции звукопоглощающей панели мембраны. Конструктивно звукопоглощающая панель содержит ровную сплошную жесткую и перфорированную мягкую обшивку в виде усеченных четырехгранных правильных пирамид с квадратными отверстиями в вершинах, между которыми дистанционно размещена тонкая мембрана.

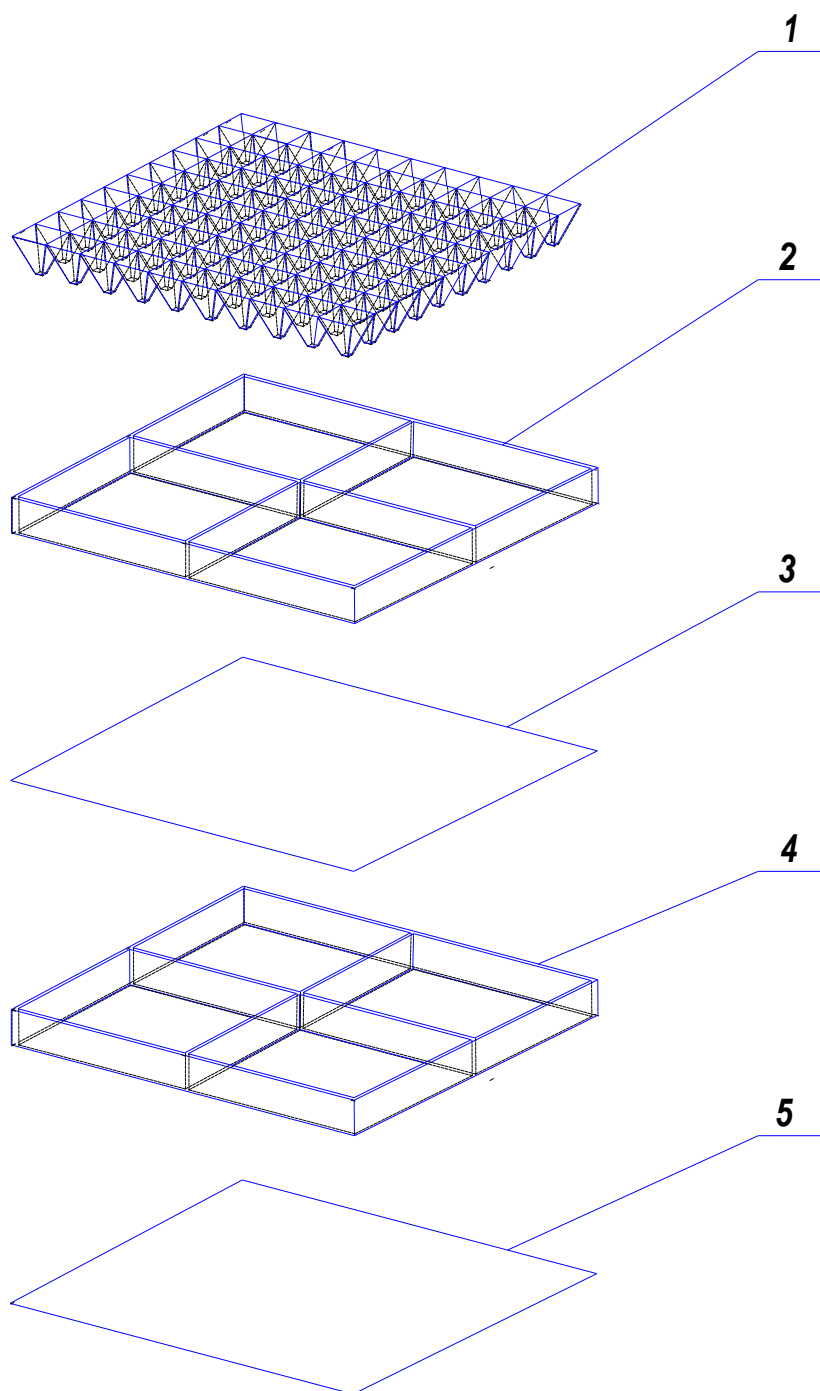


Рисунок 1. Мембранная звукопоглощающая панель в разобранном виде, где:  
 1 – передняя обшивка в виде усеченных правильных четырехгранных пирамид с квадратными отверстиями в вершинах, 2 – каркас, 3 – мембрана, 4 – каркас, 5 – задняя сплошная обшивка.

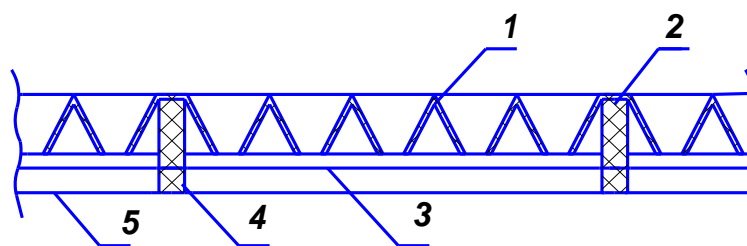


Рисунок 2. Фрагмент разреза мембранной звукопоглощающей панели, где:

1 – передняя обшивка в виде усеченных правильных четырехгранных пирамид с квадратными отверстиями в вершинах, 2 – каркас, 3 – мембрана, 4 – каркас, 5 – задняя сплошная обшивка.

Панель представляет собой комбинацию звукопоглощающих элементов и колебательной системы с воздушными резонаторами, в которых звуковая энергия поглощается за счет резонансных колебаний воздушных объемов и колебаний тонкой мембраны под воздействием падающей звуковой волны.

Технический результат, достигаемый такой конструкцией панели, заключается в расширении частотного диапазона звукопоглощения.

Мембранная звукопоглощающая панель, общий вид которой показан на рис. 1 и 2, устроена следующим образом. Передняя перфорированная обшивка может быть выполнена из пенополистирола или вспененного полиэтилена толщиной 3...5 мм. Высота усеченных правильных четырехгранных пирамид составляет 15...25 мм, квадратные отверстия в вершинах пирамид – 3...8 мм, размер основания – 15...25 мм. Каркас выполнен из резины. Количество секций каркаса может варьироваться в широких пределах. Мембрана представляет собой натянутую на резиновый каркас (4) поливинилхлоридную (или из материала со сходными свойствами) пленку толщиной 150...200 мкм. Количество пирамид в каждой секции должно находиться в пределах, при которых конструктивно обеспечивается натяжение мембраны на каркасе. Задняя обшивка (5) выполнена из стали толщиной около 0,7 мм или из алюминиевого листа толщиной около 1,0 мм. Все элементы конструкции панели имеют герметичное клеевое соединение между собой. Воздушный зазор между вершинами усеченных пирамид передней обшивки (1) и мембраной (3) составляет 4...8 мм, он работает как резонансный поглотитель и увеличивает звукопоглощение на низких частотах. Регулировка диапазона частот поглощаемого звука осуществляется конструктивно за счет увеличения или уменьшения размера воздушного зазора между задней стенкой и мембраной. Это достигается уменьшением или увеличением толщины резинового каркаса (4) к которому закрепляется мембрана. Величина этого воздушного зазора составляет 5...15 мм.

Панель устанавливают передней перфорированной обшивкой к источнику звука.

Поглощение акустических волн в области высоких и средних частот, происходит преимущественно в гранях звукопоглощающим материалом пирамид (1). Это поглощение обеспечивается также за счет плавного нарастания акустического импеданса по мере продвижения звуковой волны от широкой части отверстия в отдельной усеченной пирамиде к узкой части с одновременным поглощением звуковой энергии на его стенках, выполненных из звукопоглощающего материала. Звуковые волны, проходя через отверстия на передней обшивке частично отражаются, рассеиваются и поглощаются в воздушных объемах вспененного полиэтилена или пенополистирола. Прошедшие через отверстия звуковые волны попадают в резонансную камеру между обшивкой (1) и

мембраной (3). Угасание звуковой энергии происходит в этом случае за счет колебания мембраны, которая совершает вынужденные колебания, сжимая находящийся позади нее объем воздуха (выполняющий функцию пружины), и перехода звуковой энергии в механическую, а затем в тепловую. Отраженные от мембраны и каркаса резонансной камеры звуковые волны гасятся на внутренней поверхности перфорированной облицовки (1). Из-за малых размеров отверстий и сложной конфигурации облицовки это произойдет многократно, прежде чем какая-то часть звуковых волн снова попадет на отверстие и выйдет наружу. Если направление потока звуковой энергии заранее не известно, то звукопоглощающую панель набирают из секций (фрагмент разреза панели приведен на рис. 2), ориентируемых в различных направлениях. Меняя ориентацию панелей или рядов, получают максимальный коэффициент звукопоглощения. Такое исполнение звукопоглощающей панели позволяет эффективно гасить шумы в широкой области частот при любом направлении потока звуковой энергии.

Преимуществом предлагаемой звукопоглощающей панели является ее универсальность применения для различных производственных помещений, имеющих самые разнообразные шумовые характеристики (за счет возможности настройки диапазона частот поглощаемого звука). Мембранную звукопоглощающую панель рекомендуется применять в различных отраслях, включая машиностроение, строительство и др., в целях снижения шума в помещениях, а так же шума, издаваемого машинами и механизмами.

### 3. Заключение

Таким образом, применение новой звукопоглощающей панели для шумозащитной конструкции позволяет расширить частотный диапазон звукопоглощения и повысить коэффициент звукопоглощения. Существенно упрощается технология изготовления, как самой панели, так и всей шумозащитной конструкции на основе подобных панелей, за счёт уменьшения размеров и толщины звукопоглощающего материала. Перспективой дальнейшего развития данного направления является математическое моделирование процессов, происходящих при звукопоглощении в мембранной панели.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Колосов, Ю. В. Защита от вибраций и шума на производстве: учебное пособие. / Ю. В. Колосов, В. В. Барановский. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 38 с.
2. Заплетников, И. Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография: в 3 т., Т. 1. 2-е издание, дополненное и переработанное / И. Н. Заплетников – Донецк: Фолиант, 2022. – 169 с.
3. Заплетников, И. Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография: в 3 т., Т. 2, 2-е издание, дополненное и переработанное / И. Н. Заплетников – Донецк: Фолиант, 2022. – 371 с.
4. Заплетников, И. Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография: в 3 томах. Т. 3 / И. Н. Заплетников – Донецк: Фолиант, 2022. – 176 с.
5. Курмышева, А. Ю. Системы борьбы с шумом и вибрацией: учебное пособие. / А. Ю. Курмышева, А. В. Рязанцева – Москва: ИНФРА-М, 2022 – 211 с. – ISBN: 978-5-16-013799-5.

Поступила в редколлегию 31.01.2023 г.