УДК 699.844:534.84

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ШУМОПОНИЖАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ И НА ТРАНСПОРТЕ

В. П. Сергиенко, С. Н. Бухаров, А. С. Тулейко

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси», г. Гомель

Применение эффективных акустических материалов обеспечивает снижение шума и улучшение экологической обстановки в различных сферах жизнедеятельности человека, в том числе в жилых и производственных помещениях, на транспорте и т. д. Обсуждены современные тенденции в области создания эффективных звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов для снижения шума в промышленности и на транспорте.

Ключевые слова: шум, акустические композиционные материалы, звукопоглощение, звукоизоляция.

PROMISING ACOUSTIC MATERIALS FOR NOISE-REDUCING STRUCTURES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT INDUSTRY

V. P. Sergienko, S. N. Bukharov, A. S. Tuleiko

State Scientific Institution "V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus", Gomel

The use of effective acoustic materials provides noise reduction and environmental improvement in various spheres of human life, including in residential and production premises, transportation and so on. The trends in the field of creating promising sound-absorbing and sound-insulating materials for use in industry and transport are considered.

Keywords: noise, acoustic composite materials, sound absorption, sound insulation.

Акустические материалы – это искусственные материалы, предназначенные для диссипации звуковой энергии [1]. Принято выделять акустические материалы со звукопоглощающими и звукоизолирующими свойствами [2]. Звукопоглощающие материалы рассеивают энергию звуковых волн, распространяющихся в них. Механизм звукопоглощения заключается в преобразовании энергии звуковых колебаний в тепловую энергию за счет потерь на вязкое трение в капиллярах пор или необратимых потерь из-за деформации волокнистой структуры материала. Пористые и волокнистые материалы, характерными отличительными особенностями которых являются относительно невысокие объемная плотность и сопротивление продуванию воздушным потоком, обладают, как правило, достаточно высокими звукопоглощающими свойствами. Эффективность звукопоглощающих материалов оценивается безразмерным коэффициентом звукопоглощения, равным отношению количества поглощенной энергии к общему количеству падающей на материал энергии звуковых волн. Материалы, обладающие коэффициентом звукопоглощения выше 0,2, относят к акустическим звукопоглощающим материалам и применяют для нанесения на отражающие звук поверхности потолка, пола и стен с целью минимизации звуковых переотражений. Главное отличие акустических звукоизоляционных материалов от звукопоглощающих заключается в том, что звукоизоляционные материалы

отражают звук и тем самым препятствуют его прохождению к защищаемому объекту. Как правило, звукоизоляционные материалы имеют относительно высокую плотность. В определенном смысле к акустическим материалам относятся также вибропоглощающие и виброизолирующие материалы.

В настоящей работе рассматриваются некоторые направления выполняемых в ИММС НАН Беларуси исследований по созданию передовых технологий и разработке акустических материалов.

Создание новых шумопоглощающих материалов заключается в решении взаимосвязанных задач разработки звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов, эффективных в заданном диапазоне звуковых частот. Кроме того, для снижения интенсивности передачи колебательной энергии виброактивных объектов от мест возникновения к местам излучения звука необходимо разрабатывать соответствующие материалы с вибропоглощающими и виброизолирующими свойствами. Общей целью при создании вибро- и звукопоглощающих материалов является улучшение динамических механических свойств, связанных с рассеиванием колебательной энергии волн за счет вязкого трения или необратимых упругих потерь деформации в компонентах структуры композиционного материала. Теоретические предпосылки и накопленный практический опыт, прежде всего, в автомобильной промышленности, свидетельствуют о том, что эффективные инновационные материалы для структурной вибрации и шума могут быть созданы на основе компонентов (веществ) с высоким показателем механических потерь в широком диапазоне температур и частот. К таким веществам относятся растительные волокна и различные биоразлагаемые природные линейные и разветвленные высокомолекулярные соединения (натуральный каучук, целлюлоза, полимеризующиеся смолы, крахмал, жидкость из скорлупы орехов кешью и др.). За счет сложного композиционного состава возможно обеспечить комплекс акустических и эксплуатационных характеристик композитов на основе высокомолекулярных соединений природного происхождения и растительных волокон (биокомпозитов). Основными преимуществами композитов на основе природных компонентов являются экологичность, относительно низкая плотность и, как следствие, малый вес готовых изделий, простота использования и утилизации, а также возможность вторичной переработки. Традиционно используемые природные компоненты, которые наиболее широко применяются при создании акустических композитов, включают волокна льна, конопли, джута, кенафа, кокосового волокна, тростника, соломы и т. д. [3]. Конкретный тип используемых природных волокон зависит как от требуемых физико-механических и акустических свойств конечных изделий, так и от наличия подходящего сырья на местах.

В ряде случаев композиты на основе природных волокон обладают лучшими физико-механическими и акустическими характеристиками, чем композиты на основе химически синтезированных (искусственных) полимеров и волокон. Так, звукопоглощающие свойства композитов на основе волокон бамбука, кенафа, люфы, финиковой пальмы, кокоса, чайного листа, конопли и тростника превосходят аналогичные свойства аналогичных композитов на основе полипропиленовых и полиэфирных волокон. Проведенные нами исследования показали возможность использования волокнисто-гранулированного сырья растительного происхождения в качестве базовых компонентов для акустических композитов. В частности, использование в составе акустических композитов отходов производства крупы (шелухи) риса и гречихи позволяют сформировать открыто-пористую структуру с низкой плотностью и малым сопротивлением

воздушному потоку [4], что является необходимым условием для высоких звукопоглощающих свойств. Таким образом, волокнисто-гранулированное сырье растительного происхождения можно рассматривать в качестве перспективного базового наполнителя для экологически чистых звукопоглощающих композиционных материалов.

В последние годы значительные усилия исследователей были направлены на разработку принципиально новых акустических композитов на основе нанотехнологий и принципов проектирования акустических метаматериалов. Нами проведены исследования влияния слоистого силикатного наномодификатора (монтмориллонита) на динамические механические и акустические свойства нанокомпозитов на основе эпоксидных матриц, используемых в многослойных шумопонижающих конструкциях. Разработаны акустические композиты, содержащие наномодификаторы, позволяющие увеличить показатель звукоизоляции до 58 дБ, что на 36 дБ больше по сравнению со слоем той же толщины базового состава [5].

Современный этап развития акустических материалов, в первую очередь, благодаря развитию и внедрению аддитивных технологий, характеризуется появлением принципиально нового подхода к формированию искусственных метаструктур, обеспечивающего ранее недостижимые показатели звукопоглощения в области средних (250–1000 Гц) и низких (ниже 200 Гц) частот при относительно малой толщине материалов. Известны образцы звукопоглощающих метаматериалов, реализованые на принципах резонаторов Гельмгольца, Фабри–Перо, мембранных поглотителей, расщепленной трубы (split-tube resonators), метаповерхностных структур когерентных поглотителей и др. Общим характерным недостатком всех перечисленных резонансных подходов является узкая полоса рабочих частот, в которой эффективны такие искусственные поглотители. Для преодоления этого недостатка было предложено несколько способов, например, за счет объединения элементарных ячеек с разными пиками поглощения в многослойные акустические системы, набором вложенных микрощелевых поглотителей, объединения набора элементарных ячеек с разными структурными параметрами в одном слое, спирально-пространственных резонаторов со слоем сверхтонкого губчатого покрытия, за счет резонаторов со слабым резонансом и когерентной связью, нелокальными характеристиками, двойных разрезных кольцевых резонаторов.

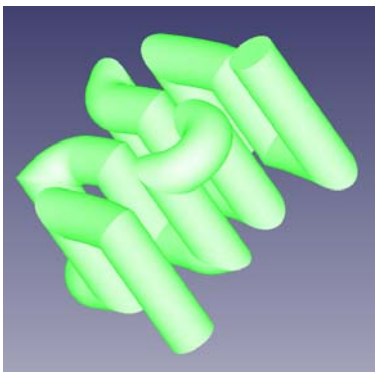

Рис. 1. Акустическая 3D-метаструктура на основе спирально-пространственного резонатора

В разрабатываемых нами акустических метаматериалах применены лабиринтные спирально-пространственные резонаторы (рис. 1), позволяющие достичь предельно высокие значения коэффициента звукопоглощения (близкие к 1,0) в наиболее востребованном диапазоне рабочих частот 500–2000 Гц. Важнейшее преимущество

разрабатываемых метаматериалов состоит в том, предложенные решения позволяют реализовать предельно высокую акустическую эффективность при недостижимых для традиционных материалов (вспененные полиуретаны, ячеистые резины, нетканые и др.) соотношениях толщины к длине поглощаемых звуковых волн. Акустические метаматериалы крайне востребованы авиационной промышленностью.

Литература

1. Acoustic composites and noise-reducing structures. Part I. Environmentally friendly components and nanofillers (a review) / S. N. Bukharov, V. P. Sergienko, V. V. Kozhushko [et al.] // Polymer Materials and Technologies. – 2021. – Vol. 7, N 1. – P. 6–22.
2. Hopkins, C. Sound Insulation. Elsevier / C. Hopkins. – London : Butterworth-Heinemann, 2007. – 622 p.
3. Promper, E. Natural fibre and wood fibre reinforced compounds for automotive interiors – A success story / E. Promper // International congress of raw Material Shift & biomaterials, 3rd–4th December 2008, Maritim Hotel Cologne. – Germany, 2008.
4. Buckwheat husk and epoxy resin based composites for noise abating / V. V. Kozhushko, S. N. Bukharov, A. Alexiev, R. Iankov // Journal Akustika. – 2021. – Vol. 40. – P. 17–20.
5. Development of new environmental safety sound-absorbing materials and layered soundproofing structures for transport taking into account the spectral characteristics of the noise / V. P. Sergienko, S. N. Bukharov, V. V. Kozhushko [et al.] // Scientific proceedings NTD days. – 2015. – Vol. 150, N 1. – P. 469–473.

УДК 628.477.6:658.567.1

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ «АКТИВНЫХ» УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. Ю. Ухарцева, С. Н. Бобрышева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Представлены результаты исследований по изучению способов утилизации «активных» упаковочных материалов, содержащих различные добавки природного и синтетического происхождения. Приведены данные о влиянии факторов окружающей среды на деформационно-прочностные характеристики пленочных образцов и их деструкцию при экспозиции в различных средах. Полученные данные позволяют предложить наиболее рациональные способы утилизации таких материалов и дифференцировать наполнители по их стойкости к фото- и биодеградации.

Ключевые слова: «активные» упаковочные материалы, утилизация, фото- и биодеградация.

PROBLEMS OF DISPOSAL OF “ACTIVE” PACKAGING MATERIALS

I. Yu. Ukhartseva, S. N. Bobrysheva

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The results of research on the methods of disposal of “active” packaging materials containing various additives of natural and synthetic origin are presented. Data on the influence of environmental factors on the deformation and strength characteristics of film samples and their destruction during exposure in various media are presented. The obtained data allow us to propose the most rational ways of recycling such materials and differentiate fillers according to their resistance to photo- and biodegradation.

Keywords: “active” packaging materials, recycling, photo- and biodegradation.