

678
3-38

Белорусский государственный технологический университет

УДК 678.01:534.833.532

ЗАХАРЕНКО Зинаида Николаевна

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВОВ
СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ СМЕСИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН
ДЛЯ ШУМОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

05.17.06 - Технология и переработка пластиче-
ских масс, эластомеров и композитов

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Минск 1997

Работа выполнена в Белорусском государственном университете транспорта и Солигорском институте проблем ресурсосбережения

Научный руководитель - кандидат технических наук **Прушак В.Я.**

Научный консультант - доктор технических наук,
профессор **Сысоев П.В.**

Официальные оппоненты :
доктор технических наук,
профессор **Неверов А.С.**

кандидат химических наук,
старший научный сотрудник **Яценко В.В.**

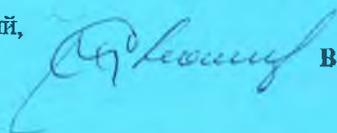
Опонирующая организация - Научно-исследовательский институт
автотракторных материалов (г.Москва)

Защита состоится *26 июня* 1997 г. в *12⁰⁰* часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 в Белорусском государственном технологическом университете, 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, зал заседаний ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан *26 июня* 1997 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук



В.Б. Снопков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ. В условиях дефицита сырьевых ресурсов проблема производства шумоизолирующих материалов из отходов синтетических волокон с использованием энергосберегающих технологий становится все более актуальной. Исследования, проводимые в области создания таких материалов, направлены на ресурсосбережение и совершенствование технологий их получения, а также на оптимизацию структуры слоев и составов материалов с целью улучшения акустических свойств.

В настоящее время известен целый ряд звукопоглощающих материалов, состоящих из натуральных и химических волокон, изменение поглощения звука которыми в диапазоне частот 125-8000 Гц регулируется толщиной материала, что не всегда приемливо при разработке шумозащитных конструкций. Для обеспечения эффективного снижения шума без увеличения толщины конструкции перспективным является применение слоистых композиционных материалов, в которых каждый слой имеет свое функциональное назначение. Значительные резервы повышения акустических свойств таких материалов связаны с образованием в слоях неоднородностей различной природы. Однако развитие этого направления исследований сдерживается недостатком научной информации о влиянии структуры слоев и строения материалов на их акустические характеристики. Изучение этих закономерностей и послужило основанием для разработки новых материалов и технологий их получения.

СВЯЗЬ РАБОТЫ С КРУПНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ. Работа выполнялась в соответствии с заданиями республиканской научно-технической программы 20.01 р (1986-1990 г.г. и на период до 1995 г.), межотраслевой республиканской комплексной научно-технической программы "Машиностроение", задание 05.25 (1989-1999 г.г.).

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Цель исследования - разработать на основе смеси синтетических волокон слоистые материалы и технологию их изготовления, обеспечивающие эффективное звукопоглощение и звукоизоляцию в частотном диапазоне звуковых волн 125-8000 Гц.

Для достижения цели были определены следующие основные задачи:

- изучить влияние состава и макроструктуры на акустические свойства слоистых композиционных материалов;
- разработать методы улучшения звукопоглощающих и звукоизолирующих характеристик слоистых композиционных материалов на основе смеси синтетических волокон, оптимизировать их состав и конструкцию;
- разработать технологию производства новых материалов, обеспечивающих эффективное поглощение звуковых волн в диапазоне частот 125-

8000Гц, в том числе трудногорючих материалов для работы при температурах до 250 °С.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ. Установлено влияние геометрических параметров пористых структур, состава и деформационных свойств компонентов на акустические свойства материалов. Впервые доказано, что увеличение коэффициента звукопоглощения в области высоких частот достигается путем создания соизмеримой с длиной звуковой волны толщины слоев пористо-волокнутой и пористо-губчатой структур. На средних частотах этот эффект получается регулированием деформаций сжатия в слое пористо-губчатой структуры.

Впервые предложено создавать в промежуточном слое материала ячеистую структуру, представляющую собой переплетенные ПАН - волокна, внутри которых находятся сжатые пенополиуретановые частицы. Установлена немонотонная зависимость показателя звукоизоляции от соотношения размеров и содержания компонентов промежуточного слоя. Показано, что при увеличении размеров пенополиуретановых частиц от 2 до 6 мм, показатель звукоизоляции возрастает за счет уменьшения плотности упаковки частиц в ячейке. При дальнейшем увеличении размеров частиц показатель звукоизоляции уменьшается, так как сокращается количество границ раздела ячеек в промежуточном слое. Оптимальное содержание ПАН-волокон соответствует 16 мас.%. При увеличении содержания ПАН-волокон показатель звукоизоляции уменьшается за счет сильного уплотнения пенополиуретановых частиц. Если ПАН-волокон в промежуточном слое меньше 16 мас.%, то уменьшается поглощение высокочастотных звуковых волн.

Экспериментально установлено существование корреляции между акустическими свойствами слоистых композиционных материалов и суммарной площадью адгезионного дискретного контакта пористо-волокнутого и звукоизолирующего слоев. Доказано, что при переходе от непрерывного адгезионного слоя к дискретному расположению клеевых соединений композиционного материала с подложкой коэффициент его звукопоглощения увеличивается на 10-25% за счет создания воздушных объемов. Впервые получено неравенство, описывающее зависимость геометрических параметров топографии звукоизолирующей поверхности на ее отражающую способность.

Показана эффективность соединения двух слоев нетканого полотна расплавом полиэтиленовой массы, экструдированной между этими слоями. Установлено, что при расположении между слоями нетканого полотна полиэтиленовой прослойки, имеющей в сечении синусоидальную форму, коэффициент звукопоглощения материала на средних и низких звуковых частотах увеличивается на 30% в сравнении с аналогичным показателем для нетканого полотна с промежуточной полиэтиленовой пленкой.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Разработана и внедрена в производство технология получения слоистого, композиционного материала, основанная на иглопробивании и термообработке. В ее основе лежит образование промежуточного слоя, представляющего собой каркас из переплетенных между собой ПАН-волокон, в ячейках которого расположены пенополиуретановые частицы, находящиеся в сжатом состоянии.

Исследовано влияние технологических параметров (плотности и частоты прокалывания) на звукоизолирующую способность слоистого композиционного материала при различных расположениях пробивных игл в иглольнице.

Предложена технология получения трудногорючих шумоизолирующих материалов, включающая смачивание наружных слоев нетканого полотна антипиреном в процессе иглопробивания.

Разработаны технические условия на шумоизолирующие материалы (ТУ 88 БССР 196-93). На Опытном производстве Института проблем ресурсосбережения (г. Солигорск) по разработанной технологии изготовлена опытная партия материалов.

На основе этих материалов были созданы шумозащитные конструкции, которые прошли опытно-промышленную проверку и внедрены на ПО "Гидроавтоматика", фабрике "Полеспечать", ПО "Гомсельмаш", Минском автозаводе, что позволило снизить уровень шума на предприятиях до санитарных норм.

Лабораторные исследования и опытно-промышленная проверка показали, что на средних и высоких частотах звукопоглощающая и звукоизолирующая способности разработанных материалов превосходят известные образцы отечественных и зарубежных фирм.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Разработанные материалы и технология их получения дали возможность впервые на территории Республики Беларусь организовать производство новых конкурентноспособных материалов с низкой себестоимостью, и сократить расходы валюты на поставку материалов из Чехословакии, которые составляли 40 000 долларов США за каждые 1000 м². Применение отходов производства синтетических волокон позволяет экономить на каждой 1000 м² около 400 кг поролонa, ввозимого из России по цене 4,5-5 долларов США за 1 кг.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ:

- концепция создания слоистых композиционных материалов для шумозащитных конструкций с улучшенными акустическими характеристиками, основанная на результатах изучения влияния параметров структуры слоев, состава и деформационных свойств компонентов.

- методы повышения звукопоглощающих и звукоизолирующих свойств слоистых композиционных материалов;

- технология производства новых материалов с преимущественным использованием отходов производств по переработке полимерных волокон, расположенных на территории Республики Беларусь; обеспечивающих эффективное поглощение звуковых волн в диапазоне частот 125-8000 Гц;

- технология создания трудногорючих шумоизолирующих материалов, предназначенных для работы при температуре до 250 °С.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ. Самостоятельно выполнена методическая часть научных исследований по оптимизации составов и структуры слоев шумоизолирующих материалов с целью улучшения акустических свойств. Изучены физико-механические и акустические свойства материалов, разработаны способы повышения звукопоглощающих и звукоизолирующих свойств. Разработана технология изготовления новых шумоизолирующих материалов. На Солигорском опытном производстве Института проблем ресурсосбережения с непосредственным участием соискателя организовано их производство.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ. Основные результаты исследований были доложены и обсуждены на следующих научно-технических конференциях: " Проблемы повышения функциональной и экономической устойчивости работы транспортного комплекса и его кадрового обеспечения в условиях рынка" (Гомель, 1993), " Актуальные вопросы совершенствования конструкций вагонов" (Гомель, 1994), " Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе" (Гомель, 1995), " Материаловедение и технология машиностроения" (Брест, 1996).

ОПУБЛИКОВАННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ. Основные результаты диссертации опубликованы в 1 монографии, 2 статьях, 8 тезисах докладов. Получено решение на выдачу патента РБ по заявке N 950864 от 27.09.95.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Работа состоит из введения, 6 глав, выводов и приложения. Изложена на 120 стр., содержит 33 иллюстрации, 25 таблиц и список использованных источников, включающий 102 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ диссертации изложен анализ экспериментальных и теоретических исследований по созданию шумоизолирующих материалов. Анализ результатов исследований многокомпонентных звукопоглощающих материалов на основе натуральных и синтетических волокон показал, что они имеют пористо-волокнустую структуру и представляют собой двухкомпонентную матрицу из жесткого вещества, поры которого, а также проме-

жутки между волокнами заполнены воздухом. Рассмотрен механизм поглощения звуковых волн.

Звуковые волны имеют различную длину, поэтому снижение шума обеспечивается не только толщиной материала, но и неоднородностью его структуры и многослойностью. Следовательно, одним из перспективных направлений повышения звукопоглощения является разработка слоистых композиционных материалов. Однако еще не достаточно изучено влияние структуры слоев и строения многокомпонентных слоистых материалов на их акустические характеристики. Улучшение акустических характеристик материала достигается также путем реализации при их разработке оптимального сочетания методов повышения звукопоглощения и звукоизоляции. Развитие работ в этом направлении требует проведения экспериментальных исследований по выявлению влияния геометрических характеристик структуры слоев на акустические свойства материала.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ приведена методика исследований. Основные объекты исследований - нетканые материалы (волокнисто-пористой структуры), получаемые иглопробивным способом из отходов производства синтетических волокон: волокно капроновое термостабилизированное (ТУ 6-06-С103-80), волокно лавсан (ГОСТ 10435-79), волокно нитрон (ОСТ 6-06-2-75), поливинилхлоридное (ТУ 06 - СП-80). Промежуточный слой выполняли из крошки эластичного пенополиуретана (пористо-губчатой структуры) (ТУ 6-19-37-247-79) в виде частиц размером 6-16 мм и ПАН-волокон. В качестве звукоизолирующих покрытий использовали: алюминиевую фольгу (ГОСТ 745-79), толщиной 0,1 мм, шириной - 1000 мм; полиэтиленовую пленку (ГОСТ 10354-73), толщиной - 0,1 мм, шириной - 1000 мм. Алюминиевая фольга приклеивалась на клеевно-сушильном агрегате (КСУ) лобным из клеящих агентов: клеем БФ-2 (ГОСТ 12172-74), клеем БФ-4 (ГОСТ 12172-74), латексами синтетическими или поливинилхлоридом ПВХ-ЭП-660020 (ГОСТ 14039-78).

Коэффициент звукопоглощения слоистых композиционных материалов определялся на акустическом интерферометре по ГОСТ 16 297-80. Испытания проводились на образцах, имеющих форму круга диаметром 0,10 м (для частот 125 - 2000 Гц) и 0,025 м (для частот 1600-8000 Гц).

Звукоизолирующая способность материалов определялась по разности уровней звукового давления в камерах низкого и высокого давлений при наличии и отсутствии образца (методика ИММС АНБ).

Испытания на горючесть материала проводили по ГОСТ 12.1.044-89 п.4.3. на образцах размером 150x60 мм толщиной до 30 мм.

Разрушающее напряжение при отслаивании алюминиевой фольги от нетканого полотна определяли в соответствии с инструкцией ИММС АНБ.

Опытные образцы формировали на иглопробивном агрегате АИН-1800. Оптимизация состава и макроструктуры материала осуществлялась с применением методов математического планирования эксперимента.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ показана технология получения слоистого композиционного материала с промежуточным слоем из ПАН-волокон и пенополиуретановых частиц, основанная на иглопробивании и термообработке. Исследована зависимость звукопоглощающей способности слоистого композиционного материала от технологических параметров нормального протекания процесса иглопробивания при различном расположении пробивных игл в игельнице. Показано, что по мере увеличения плотности (от 50 до 200 см⁻³) и частоты прокалывания (от 120 до 1200 мин⁻¹) звукопоглощающая способность материала имеет обратную зависимость.

Исследования показали, что улучшение акустических свойств слоистых композиционных материалов может быть достигнуто путем создания в их структуре неоднородностей различной природы. В частности, создание неоднородного поля деформации сжатия в слое пенополиуретана приводит к повышению коэффициента звукопоглощения (α) в 1,5 раза. Зависимость коэффициента звукопоглощения от сжимающей нагрузки имеет максимум, положение которого определяется частотой звуковой волны. Причем, эта зависимость ярко выражена на средних частотах. Увеличение коэффициента звукопоглощения в области низких нагрузок объясняется созданием градиента плотности материала пенополиуретана по толщине и изменением его макроструктуры (формы пор и скелета). При высоких сжимающих напряжениях коэффициент звукопоглощения уменьшается, что объясняется увеличением плотности пенополиуретана и сокращением количества пор (рис. 1).

На основании полученных результатов исследований, разработан способ создания деформаций сжатия в промежуточном слое шумоизолирующего материала. Деформации сжатия создаются в процессе соединения слоев способом иглопробивания, при котором волокна нетканого полотна протянутые через частицы промежуточного слоя уплотняют их, а также благодаря термической обработке сформированного слоистого материала. При нагревании до температуры

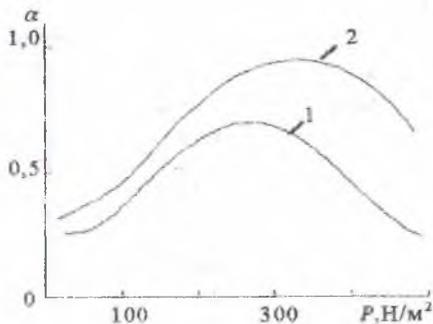


Рис. 1. Зависимость коэффициента звукопоглощения материала от нагрузки: 1 - пенополиуретана, 2 - пенополиуретановых частиц и ПАН-волокон

95 °С в течении 3-5 минут макромолекулы ПАН-волокна переходят в высокоэластическое состояние. Теряя ориентацию, они переплетаются между собой и, стремясь принять энергетически более выгодную конфигурацию при охлаждении, сжимают пенополиуретановые частицы, которые, в свою очередь, зажимают протянутые волокна нетканого полотна. В результате структура промежуточного слоя представляет собой каркас из переплетенных между собой ПАН-волокон, в ячейках которого расположены пенополиуретановые частицы, находящиеся в сжатом состоянии.

Изучено влияние содержания пенополиуретановых частиц и ПАН-волокон в промежуточном слое на звукоизолирующую способность R . Установлено, что в интервале изменения размера пенополиуретановых частиц (x_1), соответствующем 2-8 мм, ПАН-волокон (x_2) - 4-32 мас.%, зависимость $R(x_1, x_2)$ описывается полиномом второго порядка:

$$R(x_1, x_2) = 59,8 + 2,2 x_1 + 2,4 x_2 + 0,72 x_1 x_2 + 2,35 x_1^2 + 3,8 x_2^2 \quad (1)$$

Анализ уравнения показывает, что оптимальный размер пенополиуретановых частиц соответствует 4-6 мм, а содержание ПАН-волокон - 16 мас.%. Увеличение размеров пенополиуретановых частиц в области низких значений (от 2-4 до 4-6 мм) приводит к росту звукоизолирующей способности материала за счет уменьшения плотности упаковки частиц в ячейке. При дальнейшем увеличении размеров частиц до 6-8 мм преобладающим фактором является то, что уменьшается количество границ раздела пенополиуретановых частиц, поэтому звукоизолирующая способность материала стремится к минимуму. Для ПАН-волокон, в случае $x_2 < 16$ мас.% они неравномерно распределяются в промежуточном слое, вследствие того, что поры не всех пенополиуретановых частиц заполняются волокнами, остаются пустоты между частицами. При содержании волокон 16-28 мас.% наблюдается уменьшение звукоизолирующей способности за счет сильного уплотнения пенополиуретановых частиц. Содержание ПАН-волокон более 28% утолщает промежуточный слой, так как в этом случае промежутков между частицами и пор в самих частицах уже недостаточно для размещения волокон.

Предложен процесс получения шумоизолирующего материала с промежуточным полиэтиленовым слоем, путем соединения двух слоев нетканого полотна расплавом полимерной массы, локально экструдированной в зазор между этими слоями. Внедрение волокон наружных слоев в расплав материала промежуточного слоя обеспечивает неравномерность распределения плотности в его объеме. Отличие данного технологического процесса от существующих состоит в локальном размещении полиэтиленовой массы между слоями полотна. Выбор расположения полиэтиленовой массы определялся исходя из обеспечения наибольшей звукоизолирующей способности материала. Условия экструзии (давление, температура и скорость экс-

трузии) задавались из необходимости получения синусоидальной траектории полиэтиленовой массы в материале.

Показано, что создание полиэтиленового слоя с профилем в форме синусоидальных кривых, толщиной 1,5 мм, в промежуточном слое шумоизолирующего материала способствует увеличению звукопоглощения на 30% на низких и средних частотах по сравнению со сплошным слоем.

Разработан технологический процесс формирования звукоизолирующего покрытия с оптимальной топографией поверхности. Его научная новизна состоит в замене плоского отражающего слоя (алюминиевой фольги) рифленным.

В результате исследований показано, что упорядоченное механическое движение молекул в падающей на материал звуковой волне частично превращается в неупорядоченное движение молекул преграды и воздуха. Таким образом, чем больше площадь звукоизолирующей поверхности, тем меньше интенсивность отраженного звука. Установлено, что коэффициент звукопоглощения зависит от топографии поверхности звукоизолирующего слоя. Так, при замене плоского отражающего слоя рифленным, интенсивность отраженного звука значительно снижается. В связи с этим, в процессе формирования материала на поверхности алюминиевой фольги создаются периодически чередующиеся рифления в виде выступов и впадин волнообразной формы. Рифление осуществлялось зажимными вальками таким образом, чтобы соотношение между толщиной покрытия, измеренной по выступам и впадинам, соответствовало условию:

$$\begin{cases} h_{\max} \geq h_o + (h_f + h_a) \\ h_{\min} < h_o - (h_f + h_a) \end{cases} \quad (2)$$

где h_{\min} , h_{\max} - минимальная и максимальная толщины слоистого материала, замеренные соответственно по выступам и впадинам; h_o - исходная толщина волокнистого холста с промежуточным слоем и закрепленной на нем полиэтиленовой пленкой; h_f - толщина фольги; h_a - толщина адгезива

За счет создания воздушных зазоров между материалом и фольгой и неоднородностей в виде дискретных адгезионных соединений удалось увеличить в 2 раза звукопоглощение косоугольного и диффузного звуков. График зависимости интенсивности отраженного звука от частоты волны имеет минимум, положение которого определяется длиной звуковой волны. Чем больше высота воздушного зазора, тем меньше интенсивность отраженного звука. Однако, при критическом значении высоты воздушного зазора $h > 0,7$ мм коэффициент звукопоглощения начинает уменьшаться, так как уменьшается способность нетканого полотна поглощать звук на высоких частотах.

Разработана технология локального уплотнения полиэтиленовой пленки. Особенностью технологии является то, что к полиэтиленовой пленке при прямом ходе игл агрегата прилагается растягивающее усилие, а при обратном - после снятия растягивающих усилий полиэтиленовая пленка сжимается. Таким образом, в полиэтиленовой пленке образуются дискретные участки повышенной плотности.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена исследованиям влияния неоднородностей различной природы на акустические свойства слоистых материалов. В частности, исследовано влияние параметров структуры слоев на снижение амплитуды звуковых колебаний. Установлен характер влияния пористых структур шумоизолирующих материалов на коэффициент звукопоглощения. На средней частоте (500 Гц) изменение соотношения толщин пористо-волоконистых и пористо-губчатых структур не оказывает

существенного влияния на акустические свойства слоистого материала. Однако, с уменьшением длины волны (на частотах 1000 и 2000 Гц) при переходе от однородного материала к слоистому коэффициент звукопоглощения возрастает (рис.2). Это объясняется следующим образом: длина звуковых волн высокой частоты соизмерима с толщиной образца (0,024 - 0,025м), поэтому границы раздела структур в материале способствуют многократному изменению

амплитуды колебаний. Установлено, что при формировании материала из двух структур (пористо-волоконистой и пористо-губчатой) коэффициент звукопоглощения увеличивается на 4-13%. А показатель звукоизоляции границы раздела "воздух-слоистый материал" при нормальном падении звуковых волн увеличивается на 7%. Исследования показали, что дальнейшее увеличение акустических свойств слоистых материалов достигается при создании неоднородного поля деформации сжатия в слое пористо-губчатой структуры. Установлено, что в результате сжатия пенополиуретана увеличивается на 10-15% звукопоглощение на средних частотах. Для дальнейшего улучшения звукопоглощения в промежуточном слое были созданы

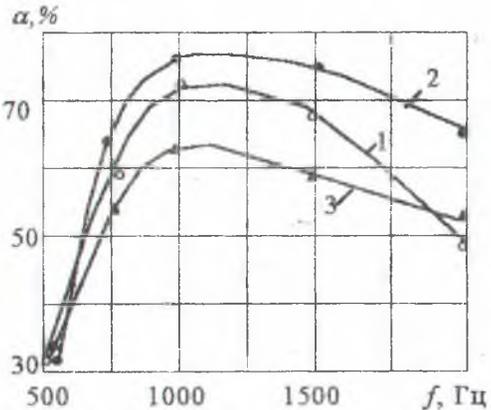


Рис. 2 Влияние структуры материала на коэффициент звукопоглощения: 1- поролон, 2- нетканое полотно с промежуточным слоем поролона, 3- нетканое полотно

неоднородности состава и размеров компонентов. Таким образом, для эффективного поглощения звука на высоких и средних частотах предложена модель материала, состоящая из пористо-волокнистой и пористо-губчатой структур. Показано, что увеличение коэффициента звукопоглощения на высоких частотах обеспечивается дополнительно неоднородностью структуры слоев, на средних - созданием деформации сжатия в промежуточном слое.

Расширение диапазона длин волн, для которых энергия существенно уменьшается при прохождении через слоистый композиционный материал, достигается при применении в качестве одного из слоев неоднородной по плотности полиэтиленовой пленки. Звуковые волны, проходящие в шумоизолирующий материал через перфорированные отверстия в пленке, проникают в волокнисто-пористый слой, частично отражаются, поглощаются или рассеиваются. Из-за малых размеров отверстий звуковые волны неоднократно меняют свою траекторию, прежде чем какая-то часть волн снова попадает на отверстие. Поэтому волны практически любой частоты максимально поглощаются материалом. Однако, установлено, что это наиболее характерно для волн средней и высокой частоты, так как из-за соизмеримости длины волны с толщиной материала у них ярче проявляется дифракция при прохождении через перфорированное отверстие.

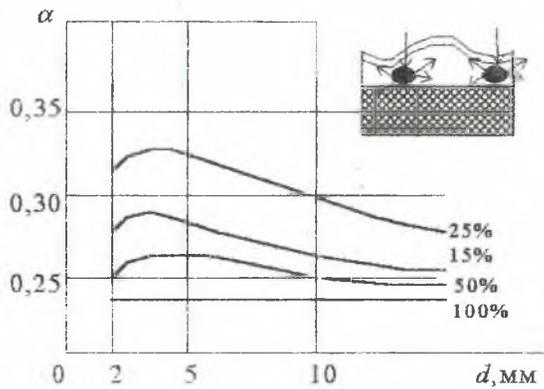


Рис.3 Зависимость коэффициента звукопоглощения двухслойного материала от размера и плотности расположения адгезива

соизмеримости длины волны с толщиной материала у них ярче проявляется дифракция при прохождении через перфорированное отверстие.

Исследовано влияние размеров и относительной площади адгезионных соединений звукопоглощающего материала с подложкой на коэффициент звукопоглощения. Установлено, что с увеличением числа и уменьшением относительной площади адгезива увеличивается коэффициент звукопоглощения. Возникающие при этом воздушные объемы между площадками адгезива позволяют увеличить звукопоглощение не только прямого, но косого и диффузного звуков. Расход адгезива уменьшается на 50-70%, а звукопоглощающие свойства увеличиваются на 10-25%. Оптимальный размер адгезионных площадок соответствует 5 мм, а относительная площадь - 25%. При

относительной площади менее 25 % звукопоглощающая способность материала уменьшается в связи с сокращением числа зон рассеяния звука (рис.3).

Изучено влияние неоднородного поля деформации сжатия, созданного экструдированием расплава полиэтиленовой массы в пространство между слоями нетканого полотна. Установлено, что при локальном расположении полиэтиленовой массы в форме полос синусоидальных кривых коэффициент звукопоглощения на средних частотах увеличивается на 30% по сравнению со сплошным его расположением.

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ рассмотрены способы создания трудногорючих слоистых композиционных материалов для работы при температурах до 250 °С для транспортных средств.

Предложено пропитывать наружные слои нетканого полотна антипиренами. Пропитка осуществляется во время обратного движения игл, погружаемых в жидкий антипирен в нижней точке их хода. Технологический процесс при этом не усложняется. Пропитанный шумоизолирующий материал является трудногорючим, т.к. потеря массы образцов при испытании на горючесть составляет менее 60%.

Установлено, что введение 20-30% общей массы измельченных отходов оксалоновых или базальтовых волокон также обеспечивает нетканому полотну, состоящему из смеси синтетических волокон, трудногорючесть. При достаточно высоких температурах, возможно применение материала, изготовленного практически из одного оксалона.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ рассмотрены области применения материалов. Проведенные исследования по созданию слоистых материалов и их опытно-промышленная проверка дают основание утверждать, что высокая звукопоглощающая и звукоизолирующая способность материала позволяют им конкурировать с известными образцами (табл.).

Разработанные шумоизолирующие материалы внедрены на ПО "Гидроавтоматика" при изготовлении шумозащитных кожухов к испытательным стендам ОС 874. Исследовано влияние типа шумозащитных конструкций на эксплуатационные характеристики испытательного стенда. На фабрике "Полеслечать" разработано шумозащитное устройство на фальцовочную машину "Рекорд", применение которого позволило уменьшить при среднечастотном шуме уровень звукового давления примерно на 8 дБ, на частотах выше 1000 Гц на 10-15 дБ, на низких частотах почти на 2 дБ. В компьютерном отделении шумоизолирующим материалом облицован потолок, что позволило уменьшить уровень шума до 7 дБ. На Минском автозаводе для шумозащиты автомобиля шумоизолирующий материал внедрен под основанием (полом) кабины. В результате удалось снизить уровень шума до санитарных норм. В ПО "Гомсельмаш" материал внедрен при шумозащите

Свойства слоистых шумоизолирующих материалов

Показатели свойств	Разработанный материал	Отечественный аналог	Зарубежные аналоги	
			ФРГ фирмы "Терозон"	Великобритания "Боран Кареля"
Звукопоглощение (%) на частотах, Гц				
250	10	12	9	9
500	20	18	18	16
1000	35	23	34	32
2000	55	28	43	42
4000	60	48	62	60
Звукоизоляция в диапазоне частот 1000-2500 Гц, (в ДБ)	14-28	14-23	14-24	13-23
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	0,045	0,042	0,045	0,050
Огнеопасность, мм/мин	не более 100	огнеопасен	не более 100	не более 100
Расход первичных материалов на 1000м ² :				
поролон, кг	-	400	400	400
алюминиевой фольги, кг	150	150	300	-
Использование вторичных ресурсов на 1000 м ² , кг	600	-	-	-
Стоимость за 1 м ² , дол.США	12	24	40	30

основания (пола) внутри кабины комбайна, уровень звукового давления при этом понизился на 1-3 дБ, что соответствует СН 3223-85.

Разработаны и утверждены нормативные документы на изготовление созданных материалов (ТУ 88 БССР 196-93). На опытном производстве Со-

лигорского института проблем ресурсосбережения организовано их серийное производство.

ВЫВОДЫ

1. Разработана и внедрена в производство технология получения композиционного материала с промежуточным слоем из ПАН-волокон и пенополиуретановых частиц, основанная на создании неоднородностей структуры слоев, учете состава и деформационных свойств их компонентов. Установлен оптимальный технологический режим формирования слоистого материала. Показано, что при содержании в промежуточном слое ПАН-волокон менее 16 мас. % наблюдается уменьшение коэффициента звукопоглощения на высоких частотах, так как поры не всех пенополиуретановых частиц заполняются волокнами. При содержании волокон более 16 мас. % до 28 мас. % наблюдается уменьшение коэффициента звукопоглощения за счет сильного уплотнения пенополиуретановых частиц. Содержание ПАН-волокон более 28 мас. % утолщает промежуточный слой, так как промежутков между частицами и пор в самих частицах уже недостаточно для размещения волокон.

2. Установлена зависимость коэффициента звукопоглощения от структуры слоев. Показано, что увеличение коэффициента звукопоглощения на высоких частотах на 4-13% обеспечивается путем образования неоднородностей в слоях пористо-волоконистой и пористо-губчатой структуры, на средних - созданием деформации сжатия пенополиуретановых частиц. Показатель звукоизоляции сформированного шумоизолирующего материала в результате использования двух структур увеличивается на 7 % (по отношению к материалу одной структуры) благодаря созданию границ раздела слоев.

3. Предложена технология получения материала с перфорированной полиэтиленовой пленкой. Рассмотрен механизм поглощения звуковых волн при прохождении через перфорацию в пленке. Установлено, что при замене сплошной полиэтиленовой пленки на перфорированную коэффициент звукопоглощения увеличивается на 10-15%.

4. Разработан способ получения композиционного шумоизолирующего материала с промежуточным полиэтиленовым слоем. Исследовано влияние на коэффициент звукопоглощения неоднородного поля деформации сжатия, созданного в пространстве между слоями нетканого полотна при экструдировании расплава полимерной массы. Установлено, что при расположении полиэтиленовой массы синусоидальной формы между слоями нетканого полотна коэффициент звукопоглощения на средних частотах увеличивается на 15% в сравнении с аналогичным показателем для однослойного нетканого полотна равной толщины.

5. Разработан технологический процесс создания звукоизолирующего покрытия с оптимальной топографией поверхности. Установлено, что коэффициент звукопоглощения зависит от топографии поверхности звукоизолирующего слоя. Предложено создавать на фольге периодически чередующиеся рифления в виде выступов и впадин волнообразной формы. Экспериментально доказано существование корреляции между акустическими свойствами слоистых материалов и суммарной площадью адгезионного дискретного контакта пористо-волокнутого и звукоизолирующего слоев. Показано, что коэффициент звукопоглощения монотонно увеличивается по мере роста числа и уменьшения размеров площадок адгезива.

6. Исследовано влияние на коэффициент звукопоглощения размеров и относительной площади адгезионных соединений слоистого композиционного материала с подложкой. При переходе от непрерывного адгезионного слоя к дискретному расположению клеевых соединений наблюдается увеличение коэффициента звукопоглощения на 10-25% за счет образования воздушных объемов и увеличения площади поверхности, рассеивающей звуковые волны.

7. Предложена технология получения трудногорючих шумоизолирующих материалов, включающая пропитку антипиреном наружных слоев нетканого полотна из смеси синтетических волокон в процессе иглопробивания.

8. Разработана техническая документация на изготовление шумоизолирующих материалов (ТУ 88 БССР 196-93). На опытном производстве Солигорского института проблем ресурсосбережения организовано их серийное производство. Осуществлена опытно-промышленная проверка материалов на ПО "Гидроавтоматика", ПО "Гомсельмаш", Минском автозаводе и других предприятиях.

Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих публикациях:

1. Волокнистые шумоизолирующие материалы. Адинцова З.Н. (Захаренко З.Н.), Прушак В.Я., Протасеня А.В. / под ред. Сыроева П.В. Гомель: "Инфотрибо", 1996. -187 с.

2. Влияние неоднородностей различной природы на коэффициент звукопоглощения / З.Н.Адинцова, П.В.Сыроев, В.Я.Прушак, А.В.Протасеня // Весці АН Беларусі .Сер. фіз-тэхн.наук.-1996.- N1.-С.33-35.

3. Повышение звукоизолирующих свойств слоистых материалов путем создания поля деформаций сжатия /П.В.Сыроев, З.Н.Адинцова, В.Я.Прушак, А.В.Протасеня // Материалы.Технологии.Инструмент.-1996.- N1.-С.42-45.

4. Адинцова З.Н. Звукоизолирующий материал для кабин тепловозов// Проблемы повышения функциональной и экономической устойчивости

транспортного комплекса и его кадрового обеспечения в условиях рынка: Тез. докл. международной научно-практ. конф. - Гомель, 1993.-С.75.

5. Сысоев П.В., Белоцкая Л.М., Адинцова З.Н. Звукоизолирующий материал для кабин транспортных средств// Актуальные вопросы совершенствования конструкций вагонов: Тез. докл. междунар. научно-практ. конф. - Гомель, 1994. -С.55.

6. Сысоев П.В., Кузьменцов В.П., Адинцова З.Н., Демуськов М.А. Повышение звукоизолирующих свойств материала для транспортных средств путем создания поля деформации сжатия // Актуальные вопросы совершенствования конструкций вагонов: Тез. докл. междунар. научно-практ. конф. - Гомель, 1994. -С.56.

7. Сысоев П.В., Балишанская Л.Г., Адинцова З.Н., Васильева Л.Н. Шумоизолирующий материал на основе химических волокон для кабин транспортных средств //Актуальные вопросы совершенствования конструкций вагонов: Тез. докл. междунар. научно-практ. конференции. -Гомель, 1994.-С.57.

8. Сысоев П.В., Богданович П.Н., Адинцова З.Н., Прушак В.Я., Протасеня А.В. Создание шумоизолирующих материалов для снижения уровня шума на промышленных предприятиях Беларуси //Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе: Тез. докл. научно-практ. конф. -Гомель, 1995. -С.84.

9. Сысоев П.В., Адинцова З.Н., Прушак В.Я., Протасеня А.В. Проблема снижения уровня шума на транспорте и методы ее решения средствами акустического материаловедения //Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе: Тез. докл. научно-практ. конф.-Гомель, 1995.-С.90.

10. Реш. на выдачу а.с. по з. N 950864 от 27.09.95. Слоистое звукоизоляционное покрытие/ Сысоев П.В., Богданович П.Н., Адинцова З.Н., Прушак В.Я., Протасеня А.В.

11. Адинцова З.Н. Волокнистые шумоизолирующие материалы// Материаловедение и технология машиностроения: Тез. докл. научно-техн. конф., посвященной 30-летию института. Часть 1. -Брест, 1996. -С.89.

РЭЗЮМЭ ЗАХАРАНКА ЗІНАІДА МІКАЛАЕЎНА

Распрацоўка тэхналогіі і саставаў слаістых кампазіцыйных матэрыялаў на аснове сумесі сінтэтычных валакон для шумазасцерагальных канструкцый.

Сінтэтычныя валакны, кампазіцыйныя матэрыялы, каэфіцыент гукапаглынання, гукаізаляючая здольнасць, пенаполіурэтан, тэхналогія, акустыка, паглынне, частата, гукавая хваля, поліэтыленавая плёнка.

Аб'ект даследавання - шумаізаляючыя матэрыялы на аснове сумесі сінтэтычных валакон.

Мэта работы - распрацаваць на аснове сумесі сінтэтычных валакон слаістыя кампазіцыйныя матэрыялы і тэхналогію іх атрымання, забяспечваючыя эфектыўныя гукапаглынне і гукаізаляючую здольнасць частотным дыяпазоне гукавых хваль 125-8000 Гц з палепшанымі акустычнымі характарыстыкамі за кошт стварэння неаднароднасцей рознай прыроды.

Вывучана магчымасць рэгулявання акустычных характарыстык шумаізаляючых матэрыялаў шляхам стварэння неаднароднасцей рознай прыроды. Даследаваны заканамернасці ўплыву структуры і будовы кампазіцыйных слаістых матэрыялаў на іх акустычныя характарыстыкі.

Распрацавана тэхналогія атрымання слаістых кампазіцыйных матэрыялаў на аснове сумесі сінтэтычных валакон з прамежным слоём з поліэтылену і сумесі пенаполіурэтанавых часцінак з ПАН-валакнамі і гукаізаляючымі: перфараванай поліэтыленавай плёнкай і алюмініевай фальгой. Распрацаван тэхналагічны працэс фарміравання гукаізаляючага пакрыцця з аптымальнай тапаграфіяй наверхні. Прапанавана тэхналогія атрымання цяжкагаручых матэрыялаў. Даследаван уплыў тэхналагічных параметраў на гукаізаляючую здольнасць распрацаваных матэрыялаў. Выяўлена, што выкарыстанне распрацаваных тэхналогій і матэрыялаў дазваляе палепшыць іх акустычныя характарыстыкі да 30%.

Распрацаваныя шумаізаляючыя матэрыялы і тэхналогіі вытрымалі выпрабаванне на прадпрыемствах Беларусі. Устаноўлена НТД, рэгламентуючая іх выкарыстанне.

РЕЗЮМЕ

ЗАХАРЕНКО ЗИНАИДА НИКОЛАЕВНА

Разработка технологии и составов слоистых композиционных материалов на основе смеси синтетических волокон для шумозащитных конструкций.

Ключевые слова: синтетические волокна, композиционные материалы, коэффициент звукопоглощения, звукоизолирующая способность, пенополиуретан, технология, акустика, поглощение, частота, звуковая волна, полиэтиленовая пленка.

Объект исследования - шумоизолирующие материалы на основе смеси синтетических волокон.

Цель работы - разработать на основе смеси синтетических волокон слоистые композиционные материалы и технологию их изготовления, обеспечивающие эффективные звукопоглощение и звукоизоляцию в частотном диапазоне звуковых волн 125-8000 Гц.

Изучена возможность регулирования акустических характеристик шумоизолирующих материалов путем создания неоднородностей различной природы. Исследовано влияние структуры слоев композиционных материалов на их акустические характеристики.

Разработаны технологии формирования слоистых композиционных материалов на основе смеси синтетических волокон с промежуточным слоем из полиэтилена или смеси пенополиуретановых частиц с ПАН-волокнами и звукоизолирующими покрытиями: перфорированной полиэтиленовой пленкой и алюминиевой фольгой. Разработан технологический процесс формирования звукоизолирующего покрытия с оптимальной топографией поверхности. Предложена технология получения трудногорючих шумоизолирующих материалов. Исследовано влияние технологических параметров на звукопоглощающую способность созданных материалов. Установлено, что использование разработанных технологий и материалов позволяет улучшить их акустические характеристики до 30%.

Разработанные шумоизолирующие материалы и технологии прошли апробацию на предприятиях Беларуси. Утверждена НТД, регламентирующая их применение.

SUMMARY

ZAKHARENKO ZINAIDA NIKOLAEVNA

The development of technology and compositions of layered composite materials based on synthetic fibres mixture for soundproof structures

Synthetic fibres, composite materials, sound - absorption coefficient, sound - absorption capacity, polyfoam, technology, acoustics, absorption, frequency, acoustic wave, polyethylene film.

The object of investigation is soundproof materials based on synthetic fibres mixture.

The aim of the work to develop a technology of layered composite materials based on synthetic fibres mixture with improved acoustic characteristic. The effective way to solve the problem is the creation of different -nature nonuniformities.

The ways of regulating the soundproofing materials acoustic characteristics have been considered by means of different-nature nonuniformities creation. Regularities of composite materials structure effect on its acoustic characteristics have been determined.

The technology of layered composite materials based on synthetic fibres mixture has been proposed. The layers of PE and polyfoam particles / PAN fibres mixture as well as the soundproof coatings (perforated PE film and aluminum foil) have been used for the materials formation. The formation process of soundproof coatings with the optimal surface topography and non-flammable soundproof materials has been developed. The effect of technological factors on the sound-absorption capacity of the materials obtained has been studied. Use of the materials and technology is shown to improve their acoustic characteristics by 30%.

The materials and technology described were tested at different works in the Republic of Belarus.

Z. Zakharenko

Захаренко Зинаида Николаевна

Разработка технологии и составов слоистых композиционных материалов на основе смеси синтетических волокон для шумозащитных конструкций

Подписано в печать 23.05.97. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1.3. Усл.кр. - отп. 1.3. Уч. -изд. л.1.1. Тираж 80 экз.
Заказ *221.*

Белорусский государственный технологический университет
220630, Минск, Свердлова, 13а

Отпечатано на ротапринтере Белорусского государственного технологического университета
220630, Минск, Свердлова 13а