

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАНЖИРОВАННЫХ ПЛОСКОЛИСТОВЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ШУМОПОНИЖАЮЩИХ ФУТЕРОВОК ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

© 2008 М.И. Фесина, А.В. Краснов

Тольяттинский государственный университет

В работе обоснованы объективные критерии выбора марок звукопоглощающих материалов, базирующиеся на классификационном ранжировании их звукопоглощающих свойств. Исследованы 75 марок плосколистных звукопоглощающих материалов 24 производителей. Приведены сведения о значениях реверберационного коэффициента звукопоглощения и категорийности акустического качества различных типов и марок плосколистных материалов.

При разработке конструкции легкового автомобиля важнейшей задачей является технико-экономически обоснованное обеспечение высокого акустического комфорта в его пассажирском салоне и низких уровней внешнего шума, излучаемого автомобилем в окружающую среду. Данные требования регламентируются действующими Российскими и международными стандартами (ГОСТ Р 51616-2000, ГОСТ Р 41.51 - 2004, ГОСТ Р 52231-2004, ГОСТ Р 41.59-2001, правила ЕЭК ООН № 51-02, №59, №117, директивы ЕС 1999/101, 92/23 и 2001/43). В существенной степени указанная проблема усугубляется рыночными условиями конкурентной борьбы, во многом определяемыми стоимостными параметрами внедряемых противозумных мероприятий влияющих на условия успешного сбыта автомобилей. Законодательные требования и рыночные условия вынуждают автопроизводителей проводить ускоренную упреждающую разработку и внедрение в производство многочисленных конструкторско-технологических шумопоглощающих мероприятий. Они должны удовлетворять акустическим, стоимостным и экологическим требованиям (возможности вторичной переработки, учета действующего или перспективного запрета, или частичного ограниченного использования отдельных веществ, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду и т.п.). Одним из наиболее распространенных путей, в используемом арсенале таких противозумных мероприятий в конструкции автомобиля, является применение шумопоглощающих деталей (панелей, обивок, кожухов, эк-

ранных элементов), изготовленных из эффективных звукопоглощающих материалов или содержащих в своей структуре слои таких материалов. В первую очередь, это относится к использованию многофункциональных деталей и узлов, обладающих набором разнообразных функций, в том числе выраженными акустическими свойствами (вибродемпфирования, звукоизоляции или звукопоглощения).

В данной работе представлена техническая информация по пористым плосколистным звукопоглощающим материалам (слоям материалов), не содержащим в своем структурном составе плотного вязкоэластичного звукоотражающего слоя. Акустические свойства таких материалов оцениваются физическими параметрами звукопоглощения (реверберационным коэффициентом звукопоглощения, эквивалентной площадью звукопоглощения). Также в данной работе не рассматриваются цельноформованные многофункциональные детали обладающие, в том числе, выраженными шумопоглощающими свойствами. По указанным типам деталей легкового автомобиля авторы планируют опубликовать отдельные статьи. Целью настоящей работы является выработка обоснованных объективных критериев выбора конкретных марок плосколистных звукопоглощающих материалов, базирующихся на классификационном ранжировании их звукопоглощающих свойств.

В настоящее время промышленностью производится большое многообразие типов и марок плосколистных звукопоглощающих материалов, которые широко представлены на современном рынке комплектующих компонентов как отечественного, так и зарубеж-

ного производства. При этом, они существенно отличаются акустическими, эксплуатационными и стоимостными показателями. Это, как правило, создает определенные затруднения в их рациональном выборе для последующего наиболее эффективного использования в конкретной модели легкового автомобиля (при решении практических задач проектирования, модернизации или индивидуальных доработок конструкций автомобилей).

Плосколистовые звукопоглощающие материалы используются, в частности, в виде монолитных или составных шумопоглощающих панелей (футеровок), монтируемых в моторном отсеке автомобиля (капоте, щитке передка, экранных элементах типа нижнего брызговика моторного отсека, верхнего декоративного кожуха двигателя, кожуха привода газораспределительного механизма двигателя и др.) [1 - 6]. Также, они могут применяться в виде составных многослойных интегральных шумоизоляционных модулей, совмещенных, например, с обивкой крыши или обивками багажного отделения автомобиля. Весьма распространено применение шумопоглощающих панелей, в качестве дополнительных футеровок отдельных элементов интерьера салона, монтируемых на внутренних поверхностях стенок кожуха рычага КП, кожуха рулевого вала и др. [7 - 10]. Известно использование плосколистовых шумопоглощающих панелей в качестве футеровок поверхностей стенок элементов систем транспортирующих зашумленный воздушный поток [11 - 13]. В частности, в системе выпуска двигателя они могут монтироваться, например, в полости корпуса воздухоочистителя, в системе выпуска отработавших газов - в качестве составного элемента (промежуточной прокладки) термошумоизоляционного кожуха корпусов глушителей и нейтрализаторов, в системе отопления и вентиляции пассажирского салона - в качестве футерующих элементов стенок отопительно-распределительного корпуса, соединительных воздухопроводов, дефлекторов и регулирующих заслонок. На рис. 1 представлены некоторые практические примеры интегрирования плосколистовых шумопоглощающих панелей в структуры штатных узлов (многофункциональных деталей) серийных конструкций лег-

ковых автомобилей производства ОАО "АВТОВАЗ".

При экспериментальных исследованиях производилась оценка звукопоглощающей эффективности плосколистовых звукопоглощающих материалов по величине параметра "реверберационный коэффициент звукопоглощения" \bar{b}_r , замеряемого с использованием малой реверберационной камеры "Кабина Альфа" [14, 15].

В частности, было оценено 75 марок плосколистовых материалов 24 производителей (19 отечественных и 5 зарубежных). Исследованные марки материалов отличались типом структуры пористого слоя (вспененный, волокнистый), наличием или отсутствием защитного (декоративного) облицовочного слоя, толщиной пористого слоя в пределах 5...60 мм, удельным поверхностным весом в пределах 0,1...6,0 кг/м². Образцы материалов обладали различной плотностью, пористостью, извилистостью пор, удельным сопротивлением воздушному потоку и пр. При проведении испытаний, образцы плосколистовых звукопоглощающих материалов габаритным размером 1000·1200 мм беззазорно устанавливались на поверхность пола камеры "Кабина Альфа". Торцевые зоны исследуемых образцов беззазорно закрывались соответствующей высоты металлическими пластинами или плотной, с липким клеевым слоем, полимерной лентой.

Представленные на рис. 2 (а, б) результаты определения реверберационного коэффициента звукопоглощения \bar{b}_r различных марок автомобильных плосколистовых звукопоглощающих материалов, указывают на значительный разброс замеренных значений \bar{b}_r в пределах 0,09...1,17 усл. ед. в контролируемом частотном диапазоне октавных полос с центрами 500...8000 Гц. По результатам измерений был проведен статистический анализ замеренных значений параметра "реверберационный коэффициент звукопоглощения" \bar{b}_r . Были определены значения математического ожидания ($M_{\bar{b}_r}$), значения верхней (+X) и нижней (-X) границ доверительного интервала.

Из результатов измерений и проведенной статистической оценки параметра \bar{b}_r семейства образцов плосколистовых звукопоглоща-

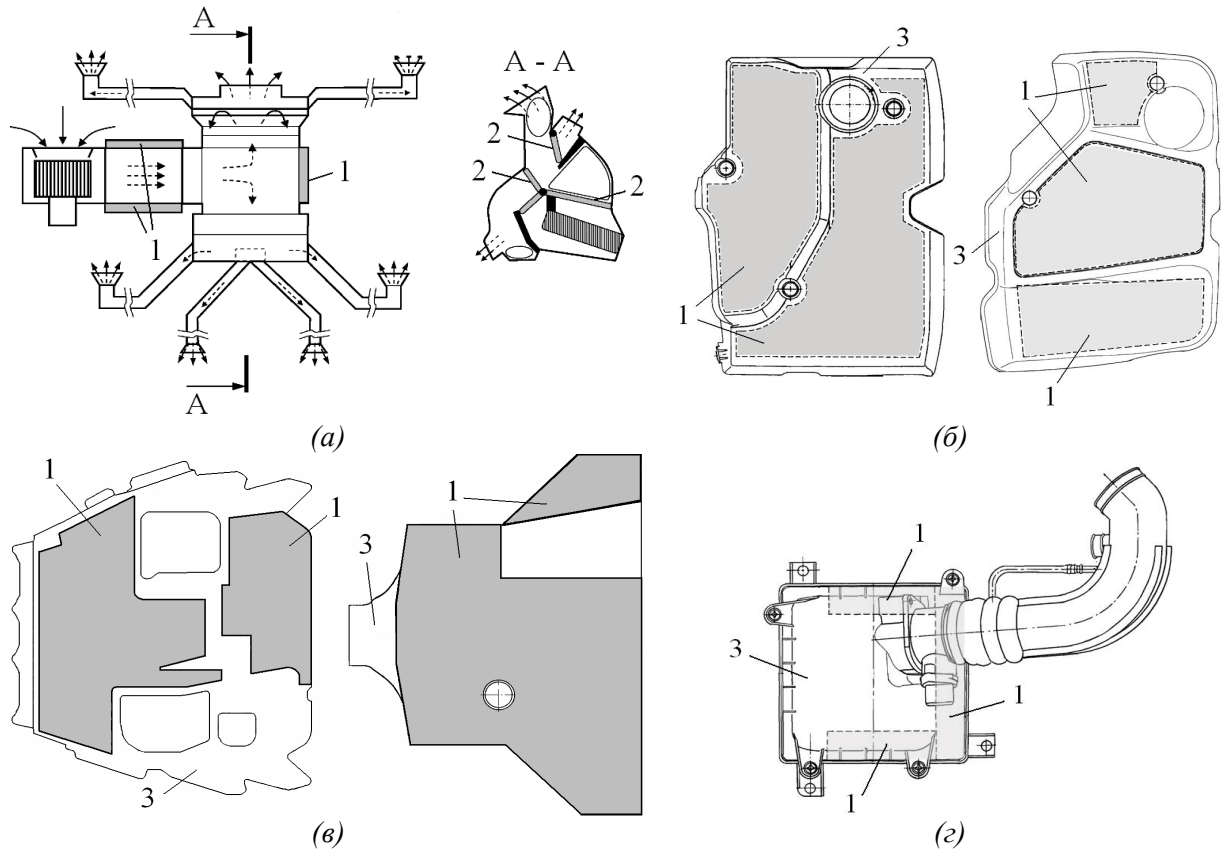


Рис. 1. Иллюстративные примеры использования плосколистовых шумопоглощающих панелей (фуреровок) в конструкциях отопительно-вентиляционной системы (ОВС) легкового автомобиля ВАЗ-1118 “Калина” (а), верхнего декоративного экрана двигателя автомобилей ВАЗ-2110, ВАЗ-2170 “Приора” и ВАЗ-1118 “Калина” (б), брызговика (аэроакустического экрана) моторного отсека автомобилей ВАЗ-1118 “Калина” и ВАЗ-21214 “Нива” (в), воздухоочистителя системы впуска двигателя автомобиля ВАЗ-1118 “Калина” (г)

1 – плоско листовые панели из звукопоглощающих материалов семейства ААSMT; 2 – регулирующие заслонки перфорированной структуры, футерованные плоско листовыми панелями из звукопоглощающего материала семейства ААSMT; 3 – несущая полимерная или металлическая оболочка экранных или корпусных элементов

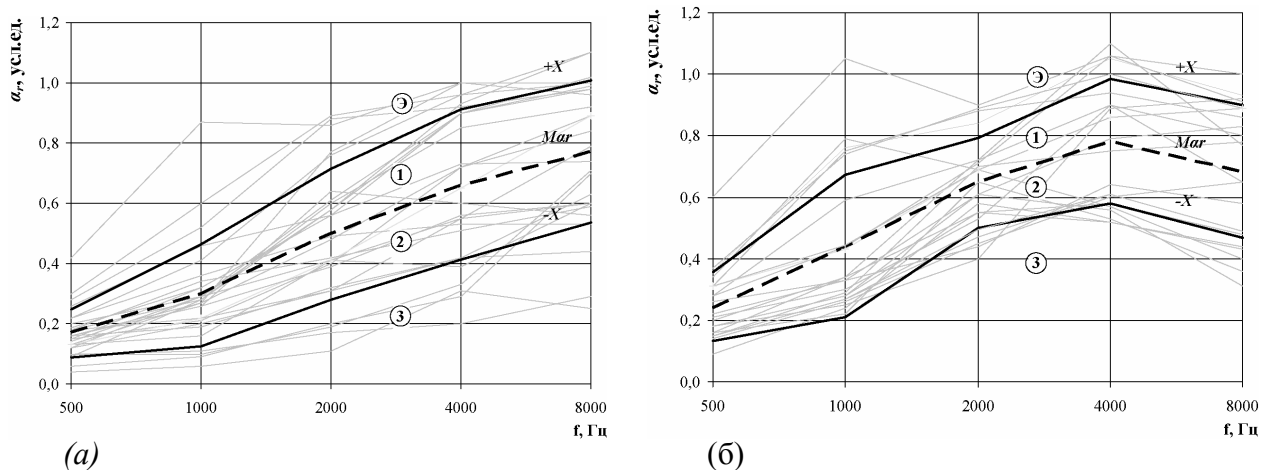


Рис. 2. Реверберационный коэффициент звукопоглощения α_r (M_{br} -X, +X) образцов плоско листовых звукопоглощающих материалов (панелей), не содержащих облицовочного слоя (а) и содержащих облицовочный слой (б)

ющих материалов, не содержащих облицовочного слоя, следует, что в частотном диапазоне октавных полос с центрами 500...8000 Гц значения M_{br} составляют 0,17...0,77 (см. рис. 2 а). Значения верхней (+X) и нижней (-

X) границ доверительного интервала составили, соответственно, $\alpha_{r(+)}=0,25...1,0$ и $\alpha_{r(-)}=0,09...0,54$. Аналогичным образом выполнены измерения и последующая статистическая оценка параметра α_r семейства

образцов плосколистных звукопоглощающих материалов, содержащих облицовочный слой, указывают, что значения M_{or} находятся в диапазоне 0,24...0,78 (см. рис. 2 б). Значения верхней (+X) и нижней (-X) границ доверительного интервала при этом составили, соответственно, $\bar{b}_{r(+)} = 0,36...0,99$ и $\bar{b}_{r(-)} = 0,13...0,58$. Средне-арифметические значения реверберационного коэффициента звукопоглощения M_{or} образцов плосколистных звукопоглощающих материалов, содержащих облицовочный слой, относительно аналогичного показателя (M_{or}) образцов, не содержащих подобного слоя, выше на величину до 0,15 – в диапазоне октавных полос частот 500...4000 Гц и ниже на 0,10 – в октавной полосе частот 8000 Гц. Причиной достижения более высокого значения M_{or} в октавных полосах частот 500...4000 Гц семейства образцов, содержащих облицовочный слой, очевидно, является более высокое акустическое качество пористого звукопоглощающего слоя, используемого при производстве такого типа акустических материалов. Также данному факту может способствовать применение специальных адгезионных веществ и технологий нанесения облицовочного слоя, позволяющих снизить отрицательное динамическое ужесточение лицевой поверхности панели.

При этом, несколько увеличивается эффективность звукопоглощения сформированной слоистой структуры в среднечастотном диапазоне за счет, образуемого эффекта мембранного демпфирования «сшитой» слоистой структуры. В это же время, наличие облицовочного слоя оказывает определенное отрицательное звукоотражающее воздействие, ослабляя процесс звукопоглощения в высокочастотной области спектра (октава 8000 Гц), в которой M_{or} уменьшается в среднем на 0,10.

Для обоснования рационального выбора конкретных, приемлемо эффективных типов и марок звукопоглощающих материалов, в зависимости от достигаемых диапазонных значений \bar{b}_r , исследованные семейства марок разделялись и группировались на отдельные категории (классы) с ранжированием уровня достигаемого акустического качества. Из уже опубликованного ранее источника [16], известен прием классификационного ранжирования акустической эффективности звукопогло-

щающих материалов и изделий из них по величине замеренного среднеарифметического значения реверберационного коэффициента звукопоглощения M_{or} . Ранжирование охватывает три обособленных частотных диапазона: низкочастотный – 63...250 Гц, среднечастотный – 500...1000 Гц и высокочастотный – 2000...8000 Гц. В зависимости от величины M_{or} , установленной в качестве порогового значения для каждого из указанных частотных диапазонов, звукопоглощающие материалы и изделия из них, согласно классификации [16], относят к одному из трех категорийных классов «акустического качества». Однако, представленная в указанном информационном источнике классификация, была наработана и рекомендовалась к использованию для объектов строительной индустрии. Ее применение оказывается малоприменимым для использования в автомобильном производстве. Это обусловлено, прежде всего тем, что в конструкциях автомобилей используются звукопоглощающие материалы (и изделия из них) с существенно более низкими значениями удельного веса и толщины, при предъявляемых требованиях получения более высоких звукопоглощающих свойств. Также следует учитывать специфические эксплуатационные условия присущие движущимся автотранспортным средствам, кардинальным образом отличающиеся от строительных сооружений. В частности, используемые в автомобилях акустические материалы должны отвечать законодательным требованиям обеспечения их вторичной переработки (рисайклинга), при относительно малом «жизненном цикле» автомобилей, существенно отличающихся стоимостных факторах и т.п. Как известно, используемые в автомобилях детали из звукопоглощающих материалов, наиболее эффективны в средне- и высокочастотной области звукового спектра. Это обусловлено, в первую очередь, их малыми толщинами, плотностями и габаритными размерами. С другой стороны, актуальность подавления шумового излучения в средне- и высокочастотном диапазоне является наиболее высокой, так как оно доминирует в спектрах излучаемой звуковой энергии двигателей внутреннего сгорания (основных источников шума наземных транспортных средств).

Установление категорийной классификации акустических (звукопоглощающих) качеств, вполне правомерно и обосновано вводит определенные упрощения в разделение отдельных семейств однотипных материалов. На практике, это позволяет упростить подбор конкретных марок материалов для их использования в низкошумных конструкциях легковых автомобилей. На основе проведенных расчетов оценочных параметров автомобильных плосколистовых звукопоглощающих материалов ($\bar{\sigma}_{r(-)}, M_{\sigma_r}, \bar{\sigma}_{r(+)}$), было установлено их соответствующее ранжирование по категориям акустической эффективности в широком диапазоне частот, охватываемом октавами с центрами 500...8000 Гц. При ранжировании звукопоглощающих свойств материалов был использован технический прием, уже примененный авторами ранее, при ранжировании вибродемпфирующих свойств материалов по величине приведенного композитного коэффициента потерь, известный из источника [17]. Исследованные образцы плосколистовых звукопоглощающих материалов были распределены по категориям «высокой» эффективности (категория экстра), в которых значения реверберационного коэффициента звукопоглощения $\bar{\sigma}_r$ находятся выше значений верхней границы (+X) доверительного интервала, категории «повышенной» эффективности (категория 1) – выше значений математического ожидания (M_{σ_r}) в интервале ($M_{\sigma_r}+X$), категории «средней» эффективности (категория 2) – ниже значений математического ожидания (M_{σ_r}), простирающегося вплоть до нижней границы (-X) доверительного интервала, и категории «низкой» эффективности (категория 3) – сосредоточенной ниже определенных значений нижней границы (-X) доверительного интервала. При этом, отнесение конкретной марки звукопоглощающего материала к той или иной категории эффективности лимитировалось минимальными значениями реверберационного коэффициента звукопоглощения $\bar{\sigma}_r$, замеренными во всем заданном ранжируемом частотном интервале октавных полос частот 500...8000 Гц. Таким образом, конкретная марка автомобильного плосколистового звукопоглощающего материала относилась к той категории акустической эффективности, которая определялась октавными

полосами частот с наименьшим значением реверберационного коэффициента звукопоглощения $\bar{\sigma}_r$. В отдельных случаях, при выборе категорийности акустического качества конкретной марки плосколистового звукопоглощающего материала, могут оказаться более важными удельные физические параметры $\bar{\sigma}_r/c$, $\bar{\sigma}_r/t$ и $\bar{\sigma}_r/c$, характеризующие звукопоглощающие свойства материалов, отнесенные к их удельному поверхностному весу c , толщине t или стоимости c материала. В табл. 1 и 2 в качестве иллюстрационных примеров представлены замеренные технические параметры некоторых марок исследованных плосколистовых звукопоглощающих материалов, используемых российскими автопроизводителями и тюнинговыми компаниями. Конкретные марки плосколистовых звукопоглощающих материалов «высокой» и повышенной эффективности (категория «экстра» и категория 1), отличающихся, как правило, более высокими стоимостными параметрами, предпочтительней применять для решения технических задач с достижением максимального шумопонижающего эффекта (в отдельных случаях – и экономического эффекта) с установкой в наиболее «зашумленные» пространства «шумоактивной» модели легкового автомобиля. В это же время более «дешевые» марки материалов, с низкой эффективностью (категория 2 и категория 3) – целесообразнее использовать для решения менее «амбициозных» технических задач. Выбор той или иной марки плосколистового звукопоглощающего материала, всегда должен учитывать доминирующий частотный диапазон излучения звуковой энергии, характеризующий данную конкретную модель автомобиля на проблемном скоростном (нагрузочном) режиме его движения. К примеру, не исключаются ситуации, когда предложенная к использованию марка плосколистового звукопоглощающего материала может обладать относительно низкой эффективностью поглощения звука в частотном диапазоне, характеризуемом слабым по интенсивности звуковым полем, но быть достаточно высокоэффективной по звукопоглощению – в доминирующем по интенсивности звука частотном диапазоне. В этих случаях, наиболее целесообразно использование результатов ранжирования материалов в отдельной поло-

се частот (например, октавной), или же проведение дополнительной корректирующей структурной модификации такого звукопоглощающего материала по улучшению его звукопоглощающих свойств. Отдельные технические приемы такой структурной модификации материалов по повышению их звукопоглощающих качеств более подробно освещены в публикациях [14, 18...21].

Из результатов оценочных измерений реверберационного коэффициента звукопоглощения $\bar{\alpha}_r$ различных марок плосколистовых звукопоглощающих материалов без облицовочного слоя следует, что наиболее эффективными звукопоглощающими свойствами (категория эффективности - Э) обладают следующие марки (см. табл. 1):

- открытоячеистый пенополиуретан - АА 25 S и АА 12,5 S (ЗАО НПП "Тэксикал Консалтинг", Россия);

- открытоячеистый пенополиуретан - LA 25 S-E (ф. "Персторп Антифон", Швеция);

- открытоячеистый пенополиуретан – «шумоизол» (ОАО НПФ "Росэкопласт", Россия);

- нетканое волокнистое полотно "порозо", дублированное слоем открытоячеистого пенополиуретана (ф. "АД Пластик", Хорватия);

- нетканое волокнистое полотно «порозо» (ф. "Rieter", Франция);

- отходный (вторичный) открытоячеистый пенополиуретан (ф. "Плама", Словения).

Аналогичным образом, эффективностью категории Э из семейства оцененных плосколистовых звукопоглощающих материалов с облицовочным слоем, обладают следующие марки (см. табл. 2):

- АА 25 SMT «Super» и АА 25 SMT "Norma" (производства ЗАО НПП "Тэксикал Консалтинг", Россия);

- LA 25 S-E (производства ф. "Персторп Антифон", Швеция).

Материалы марок "Шумоизол" (производства ОАО НПФ "Росэкопласт", Россия) и "Кристафлекс" (производства ООО "Криста", Россия) из-за низких значений $\bar{\alpha}_r$ в частотном диапазоне октавных полос 500...1000 Гц относятся к категории 2. Тем не менее, данные материалы, в отдельных случаях, могут считаться приемлемо эффективными в ограниченной (свы-

ше 2000 Гц) области поглощения высокочастотного излучения диапазона звукового спектра и, при необходимости, применяться для решения таких специфических задач.

Достигнутые значения параметра $\bar{\alpha}_r$ в диапазоне октавных полос 2000...8000 Гц для материалов категорий Э и 1 являются весьма высокими и составляют 0,53...1,17. В диапазоне октавных полос 500...1000 Гц отмечаются существенные отличия между категориями указанных материалов (до 0,65), при том, что абсолютные значения $\bar{\alpha}_r$ лежат в диапазоне 0,17...1,05. Материалы категории 3 (частично категории 2) обладают существенно более низкими значениями $\bar{\alpha}_r$ во всем контролируемом частотном диапазоне октавных полос 500...8000 Гц. Это обусловлено не только их соответствующими структурными и физическими характеристиками, но и малыми толщинами образцов этих материалов (5...6 мм).

Отмечается достаточное высокое влияние на звукопоглощающую эффективность материалов физических свойств структуры облицовочного слоя в зависимости от его толщины, плотности, применяемого адгезионного вещества и метода его нанесения (технологии "сшивки" с пористым слоем). Наиболее высокими звукопоглощающими свойствами обладают открытоячеистые пенополиуретаны, облицованные звукопрозрачными покрытиями типа полиэстеровой алюминизированной пленки или стеклотканевого слоя. В это же время, облицовочные материалы типа поливинилхлоридной перфорированной пленки являются менее предпочтительными вследствие их меньшей звукопрозрачности.

Анализ результатов измерений позволяет сформулировать требования по выбору целевых значений основных технических характеристик плосколистовых звукопоглощающих материалов, которые сведены в табл. 3. Отличия в установленных значениях технических параметров плосколистовых звукопоглощающих материалов, предлагаемых для футеровки различных многофункциональных автомобильных деталей, учитывают как реальные компоновочные возможности, так и специфические условия эксплуатации автомобиля. Также учитывается типичная степень зашумленности пространственной зоны автомобиля, куда предусмотрен монтаж шумопоглоща-

Таблица 1. Технические параметры плосколистовых звукопоглощающих материалов, не содержащих облицовочного слоя

Марка	Производитель	Структ. состав	t, мм	ρ , кг/м ²	α , усл.ед. в октаве с центром, кГц					$K_{эф}$
					0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	
AA 25 S	ЗАО НПП «Тэкникал Консалтинг», г. Тольятти, Россия	Открытояч. ППУ	25,0	1,0	0,41	0,80	0,91	1,10	1,00	Э
AA 12,5 S			12,5	0,6	0,28	0,47	0,79	1,17	1,08	Э
Шумоизол	ОАО НПФ «Росэкопласт», г. В. Вильва, Россия	Открытояч. ППУ	25,0	0,74	0,42	0,87	0,86	1,00	1,00	Э
Порозо	ф. «АД Пластик», Хорватия	Нетканое волокнистое полотно	16,0	1,2	0,33	0,75	0,95	1,10	1,10	Э
*		Открытояч. ППУ	20,0	1,0	0,59	0,95	1,10	1,10	1,10	Э
*	ф. «Плама», Словения	Отходный открытояч. ППУ	15,0	1,7	0,32	0,48	0,84	1,10	1,10	Э
			25,0	2,33	0,62	0,91	1,10	1,10	1,10	Э
Порозо	ф. «Rieter», Франция	Нетканое волокнистое полотно	12,0	1,0	0,40	0,61	0,88	0,97	0,96	Э
*	ОАО «КЗСК», г. Казань, Россия		8,0	0,7	0,17	0,30	0,53	0,86	0,99	I
Порозо	ОАО «БРТ», г. Балаково, Россия		8,0	0,7	0,18	0,30	0,60	0,85	0,92	I
30-0,7	РИФ «Аметист», г. Рошаль, Россия	Открытояч. ППУ	28,0	0,9	0,46	0,83	0,84	0,88	1,00	I
ШИМ-10 К/1	ЗАО «ПО Искож», г. Нефтекамск, Россия	Открытояч. ППУ	10,0	0,46	0,28	0,44	0,71	1,06	1,00	I
Фиброфлекс	ОАО «БРТ», г. Балаково, Россия	Нетканое волокнистое полотно	12,0	1,0	0,34	0,46	0,81	1,08	1,09	I
Шумоизол	ОАО НПФ «Росэкопласт», г. В. Вильва, Россия	Открытояч. ППУ	10,0	0,3	0,13	0,27	0,77	1,00	0,96	2
Кристалфлекс	ООО «Криста», г. Сызрань, Россия	Открытояч. ППУ	10,0	0,38	0,15	0,34	0,73	1,06	0,98	2
30-0,7	РИФ «Аметист», г. Рошаль, Россия	Открытояч. ППУ	14,0	0,6	0,18	0,28	0,53	0,83	0,79	2
Стизол ИП	ООО «Стандартпласт», г. Иваново, Россия	Открытояч. ППУ	9,0	0,3	0,14	0,24	0,52	0,75	0,64	2
*	ф. «Плама», Словения	Отходный открытояч. ППУ	8,0	0,74	0,20	0,36	0,40	0,72	0,91	2
ФанIMIT-800	ЗАО «Электрон Плюс», г. Тольятти, Россия	Нетканое волокнистое полотно	9,0	1,1	0,21	0,28	0,61	0,90	1,00	2
ШИМ-6 К/1	ЗАО «ПО Искож», г. Нефтекамск, Россия	Открытояч. ППУ	6,0	0,3	0,26	0,33	0,44	0,64	0,58	2
AA 5 S	ЗАО НПП «Тэкникал Консалтинг», г. Тольятти, Россия	Открытояч. ППУ	5,0	0,3	0,09	0,14	0,21	0,37	0,57	3
Кристалфлекс	ООО «Криста», г. Сызрань	Открытояч. ППУ	5,0	0,20	0,09	0,11	0,15	0,36	0,55	3
ДИП-500	ООО «Металлопродукция», г. Тольятти, Россия	Иглопробивное нетканое полотно	6,0	0,55	0,16	0,28	0,46	0,65	0,80	3

t – толщина; ρ – удельный поверхностный вес; $K_{эф}$ – категория акустической эффективности; ППУ – пенополиуретан; * нет данных (отсутствует наименование марки материала)

Таблица 2. Технические параметры плосколистовых звукопоглощающих материалов, содержащих облицовочный слой

Марка	Производитель	Структ. состав	t, мм	ρ , кг/м ²	α_r , усл.ед. в октаве с центром, кГц					$K_{эф}$	
					0,5	1,0	2,0	4,0	8,0		
AA 25 SMT «Super»	ЗАО НПФ «Тэжникал Консалтинг», г. Тольятти, Россия	Алюминизир. полиэфирная пленка (облиц. слой), открытоячейный ППУ	25,0	1,0	0,60	1,05	0,90	1,06	0,91	Э	
AA 25 SMT «Norma»			25,0	1,0	0,37	0,74	0,89	1,00	0,90	Э	
LA 25 S-E			ф. «Персторп-Антифон», Швеция	25,0	1,1	0,33	0,57	0,76	0,95	0,81	Э
LA 12,5 S-E				12,5	0,6	0,25	0,40	0,89	0,91	0,55	I
AA 12,5 SMT	ЗАО НПФ «Тэжникал Консалтинг», г. Тольятти, Россия		12,5	0,6	0,27	0,55	0,95	1,00	1,00	I	
Шумозол	ОАО НПФ «Росэкопласт», г. Рошаль, Россия	Стеклоткань (облиц. слой), открытояч. ППУ	17,0	1,1	0,31	0,75	0,88	0,94	0,86	I	
*	РИФ «Аметист», г. Рошаль, Россия	Металлизир. лавсановая пленка (облиц. слой), открытояч. ППУ	25,0	1,0	0,53	0,50	0,54	0,59	0,68	2	
*	ф. «Molan», Германия	Нетканое полотно типа «малифлиз» (облиц. слой), открытояч. ППУ	9,0	0,5	0,18	0,28	0,61	0,79	0,83	2	
Elaseal	ф. «Filtertechnik», Германия	Алюминизир. полиэфирная пленка (облиц. слой), открытояч. ППУ	20,0	1,4	0,31	0,43	0,69	0,86	0,89	2	
Изотон ЛМ-25	ООО «Стандартпласт», г. Иваново, Россия		25,0	1,0	0,37	0,60	0,56	0,68	0,50	2	
Изотон ЛМ-12			12,5	0,65	0,15	0,27	0,47	0,61	0,49	3	
AA 5 SMT	ЗАО НПФ «Тэжникал Консалтинг», г. Тольятти, Россия		5,0	0,3	0,10	0,12	0,34	0,56	0,70	3	
Изофлекс	ООО «Криста», г.Сызрань, Россия		12,0	0,7	0,18	0,28	0,55	0,52	0,44	3	
Шумозол	ОАО НПФ «Росэкопласт», г. Рошаль, Россия	Перфорированная ПВХ пленка (облиц. слой), открытояч. ППУ	17,0	1,1	0,34	0,79	0,69	0,57	0,40	3	
Базальт-Ф	ООО «Стандартпласт», г. Иваново, Россия	Алюминиевая фольга (облиц. слой), базальтовое волокно	24,0	5,6	0,41	0,27	0,26	0,32	0,46	3	

t – толщина; ρ – удельный поверхностный вес; $K_{эф}$ – категория акустической эффективности; ППУ – пенополиуретан; ПВХ – поливинилхлорид; * нет данных (отсутствует наименование марки материала)

Таблица 3. Целевые значения основных технических параметров по выбору эффективных плосколистовых звукопоглощающих материалов

Звукопоглощающие материалы	t, мм	ρ , кг/м ²	α_r (усл.ед.), не менее, в октаве с центром, кГц				
			0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
Используемые в моторном отсеке и пассажирском салоне	23,5...26,5	0,82...1,12	0,35	0,70	0,80	1,00	0,90
Используемые в системе отопления и вентиляции салона, в системе впуска двигателя	11,0...14,0	0,46...0,76	0,25	0,50	0,90	1,00	0,90
	4,0...6,0	0,15...0,35	0,10	0,10	0,30	0,50	0,70
Используемые в багажном отделении	9,0...14,0	1,0...1,2	0,15	0,27	0,45	0,62	0,70

ющей панели, определяющей выбор конкретных значений параметра b_r .

Приведенные в работе сведения о значениях реверберационного коэффициента звукопоглощения b_r и установленной категоричности акустического качества плосколистовых звукопоглощающих материалов, производимых как отечественными, так и зарубежными производителями, могут быть впоследствии использованы разработчиками транспортных средств при конкретизированном выборе тех или иных эффективных типов и марок этих материалов. В соответствии с конкретным целевым назначением и специфическими условиями эксплуатации транспортных средств, изменяемыми экологическими, технологическими и стоимостными требованиями, представленные в работе статистические оценки ранжирования акустических качеств автомобильных звукопоглощающих материалов, могут быть дополнены и уточнены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Паньков Л. А.* Звукопоглощающие и вибродемпфирующие материалы для легковых автомобилей // *Автомобильная промышленность*. 2005. №8.
2. *Паньков Л. А.* Звукопоглощающие и вибродемпфирующие материалы для легковых автомобилей // *Автомобильная промышленность*. 2005. №12.
3. Пат. 2282544 Российская Федерация. Транспортное средство / *Паньков Л. А.*; опубл. 27.08.2006. Бюл. № 24.
4. Заявка 2005132866 Российская Федерация. Кожух двигателя внутреннего сгорания транспортного средства / *Фесина М. И., Филин Е. В., Краснов А. В., Рекунов С. А.*; опубл. 27.04.2007. Бюл. № 12.
5. Пат. 52809 Российская Федерация. Шумопоглощающий брызговик моторного отсека транспортного средства / *Фесина М.И., Филин Е.В., Краснов А.В.*; опубл. 27.04.2006. Бюл. № 12.
6. Пат. 7391 Российская Федерация. Капот кузова автомобиля / *Фесина М.И., Филин Е.В., Данилов О.В., Аляпина Т.Д.*; опубл. 16.08.1998. Бюл. № 8.
7. Пат. 40775 Российская федерация. Транспортное средство / *Фесина М.И., Малкин И.В., Ищенко С.М.*; опубл. 27.09.2007. Бюл. №16.
8. France demande de brevet d'invention 2568342. Manchette de levier de vitesses de véhicules automobiles / *Neunzig T.*; Date de public 31.01.1986. Bull. 5.
9. Internationale demande de brevet d'invention 02/055342. Agencement pour la fixation d'un element d'insonorisation soupe sur le tablier avant d'un vehicule automobile / *Caffarri S., Languillier M., Leyrat L.*; Date de la publication internationale 18.07.2002.
10. *Gillard P.H.* Considerazioni sulla lotta preventiva contro il rumore nelle vetture da turismo, allo stadio di progetto // *Unikeller Conference Proceeding, 2 parte*. 1975. S. 13/29, 13/31.
11. *Фесина М.И., Краснов А. В., Паньков Л. А.* Об одном из путей улучшения акустических характеристик отопительно-вентиляционной системы салона легкового автомобиля // *Машиностроитель*. 2007. №8.
12. Пат. 2150018 Российская Федерация. Воздухоочиститель двигателя внутреннего сгорания транспортного средства / *Фесина М. И., Филин Е. В., Онищенко С. П., Лысенко Е. В.*; опубл. 27.05.2000. Бюл. № 15.
13. Пат. 2155274 Российская Федерация. Воздухоочиститель двигателя внутреннего сгорания транспортного средства / *Фесина М. И., Соколов А. В.*; опубл. 27.08.2000, Бюл. № 24.
14. *Фесина М. И., Краснов А. В., Паньков Л. А.* Практические приемы разработок шумопонижающих панелей моторных отсеков транспортных средств с повышенной звукопоглощающей способностью // *Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск "Безопасность. Технологии. Управление"*. 2007. Т. 2.
15. *Kolano R. A., Klecker J. A.* Verification of a Miniature Reverberation Room for Sound Absorption Measurements Using Corner Microphone Technique // *SAE Technical Paper Series*, 1997. №971895.
16. ГОСТ 23499-79 Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие

- технические требования. М.: Издательство стандартов, 1979.
17. Краснов А. В., Фесина М. И., Рекунов С. А., Ульянова В. Е. Об условиях и особенностях выбора марок и категорий эффективности вибродемпфирующих материалов для снижения структурного шума панелей кузова легкового автомобиля // Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск "Безопасность. Технологии. Управление". 2007. Т. 2.
 18. Фесина М. И., Краснов А. В., Паньков Л. А. О некоторых эффективных практических приемах повышения поглощения шума в моторном отсеке легкового автомобиля // Материалы докладов международной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы развития двигателестроения". Ч. 1. Самара, СГАУ. 2006.
 19. Пат. 2265251 Российская Федерация. Многослойная шумопоглощающая панель / Паньков Л. А.; опубл. 27.11.2005, Бюл. № 33.
 20. Пат. 2188772 Российская Федерация. Многослойная шумопоглощающая панель / Паньков Л. А., Матяев А. С., Чепцов С. П.; опубл. 10.09.2002.
 21. Пат. 25871 Российская Федерация. Облицовка шумопоглощающая панели транспортного средства / Паньков Л. А., Матяев А. С., Чепцов С. П.; опубл. 27.10.2002. Бюл. № 30.

ABOUT USE OF CLASSIFIED FLAT SHEET SOUND-ABSORBING MATERIALS AS EFFECTIVE NOISE-DAMPING LINING OF AUTOMOBILE COMPONENTS

© 2008 M.I. Fesina, A.V. Krasnov

Togliatti State University

In the work the objective criteria of choosing the marks of sound-absorbing materials were explained basing on the classification of their sound-absorbing properties. 75 marks of flat sheet sound-absorbing materials of 24 manufacturers were investigated. The article gives the information about reverberation coefficient values of sound absorption and acoustic quality of various types and marks of sheet materials.