

Международный конкурс «Инвестиционный проект года»

**ПРОЕКТ**

**«Модифицированные вязкоэластичные акустические ламинатные структуры для тонкостенных виброшумогенерирующих панелей систем и агрегатов транспортных средств»**

ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

## 1. Резюме проекта.

### 1.1 Краткий глоссарий.

**Ламинат** – нанесенный и адгезионно закрепленный на несущей поверхности слой материала, выполняющий например, защитную, декоративную, упрочняющую, герметизирующую или другие функции.

**Виброшумодемпфирующий ламинат** – нанесенный и адгезионно закрепленный на несущей тонкостенной виброшумоактивной поверхности панели шумогенерирующего технического объекта слой вязкоэластичного материала, наделенного высоким внутренним трением, характеризуемым величиной композитного коэффициента потерь  $\eta \geq 0,05$ .

**Коэффициент потерь** – характеристика диссипативных свойств колебательной системы (образца материала), определяемая как отношение вибрационной энергии, рассеянной за один период колебаний ко всей потенциальной энергии, накопленной в системе (образце материала).

**Коэффициент потерь композитный** – коэффициент потерь структуры, составленной из образца несущей структуры конструкционного материала (например, плоской стальной пластины заданного габаритного размера) и смонтированной на ней образца (слоя) исследуемого виброшумодемпфирующего материала.

**Модуль упругости** – параметр, характеризующий отношение нормального напряжения к вызванной им относительной упругой деформации. Различают модуль упругости при осевом нагружении «растяжении-сжатии» (*модуль Юнга*), при сдвиге (*модуль сдвига*), при всестороннем сжатии (*модуль объемной упругости*).

**Коэффициент перфорации** – отношение суммарной площади отверстий (перфорации) к общей площади лицевой поверхности на которой была проведена процедура перфорирования (до момента ее перфорирования).

### 1.2 Описание проекта.

Многочисленные технические объекты, находящиеся в среде обитания человека, характеризуются интенсивными шумовыми излучениями, оказывающими вредное воздействие на его самочувствие, здоровье и безопасность эксплуатации таких объектов. Для эффективного уменьшения шумовых излучений до приемлемых уровней применяется широкая гамма различных типов акустических материалов – вибродемпфирующих, виброизоляционных, звукопоглощающих и звукоизоляционных. Одними из выраженных доминирующих источников структурного (вибрационного происхождения) шумового излучения являются тонкостенные панели транспортных средств, подвергающиеся интенсивному вибрационному возбуждению от работающих узлов и агрегатов. Для подавления такого типа шумогенерирующих источников

панельного типа, характеризующихся интенсивными вибрационными полями, широко используются акустические ламинатные вязкоэластичные структуры, материалы которых обладают повышенным внутренним трением.

Они могут быть представлены в виде вязкоэластичных мастик или плосколистовых вязкоэластичных прокладочных ламинатов, адгезионно устанавливаемых на поверхностях вибрирующих тонкостенных металлических панелей, путем их напыления, штапелирования, приплавления (термоадгезии) или использования дополнительного термоактивного или липкого клеевого слоя, непосредственно нанесенного на монтажных поверхностях плосколистовых виброшумодемпфирующих покрытий. В качестве структурной основы виброшумодемпфирующих покрытий, как правило, применяются смеси на основе битума или полимерных композиций различного химического состава, с использованием разнообразных пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей и связующих компонентов, придающих им те или иные требуемые механические, виброшумодемпфирующие, технологические, эксплуатационные и другие характеристики (свойства).

Известные типичные структуры виброшумодемпфирующих покрытий характеризуются выраженной зависимостью эффективности рассеивания энергии механических колебаний от их эксплуатационной температуры. Ширина температурного диапазона эффективных значений *коэффициента потерь* виброшумодемпфирующих покрытий определяется, преимущественно, структурным и химическим составом используемого вязкоэластичного слоя и, как правило, является достаточно узкой. Очевидны недостатки такого типа структур виброшумодемпфирующих покрытий для использования их на виброакустически активных деталях узлов и механизмов транспортных средств, эксплуатируемых в широких диапазонах изменений температур рабочей и внешней среды. Так, например, эксплуатационная температура панелей пола кузова легкового автомобиля эксплуатируемого на территории РФ в течение года, находится преимущественно в диапазоне 0...+120 °С. Расширение рабочего температурного диапазона эффективного виброшумодемпфирования представляется весьма сложной задачей ввиду того, что типичные вязкоэластичные вещества, используемые в структурах виброшумодемпфирующих покрытий, имеют преимущественно органическое (на базе углеродных соединений) или синтетическое (полимерное) происхождение, характеризуются узкотемпературной областью эффективности перехода из стеклообразного состояния (при низких температурах) в высокоэластичные каучукообразные (при высоких температурах). Как правило, для изготовления вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий используются вещества на основе битума, поливинилхлорида, сополимера алкилакрилата, смеси полибутадиена и каучука, прессованной битуминизированной целлюлозной структуры, модифицированного битумного расплава.

Величина и характер изменения динамических модулей упругости и коэффициентов потерь вязкоэластичных веществ от температуры определяются их химическим строением и молекулярной подвижностью, внутри- и межмолекулярным взаимодействием.

Наиболее известным и распространенным направлением улучшения виброакустической эффективности в расширенном температурном диапазоне ламинатных виброшумодемпфирующих покрытий является использование сложных технологических процессов производства дорогостоящих многокомпонентных вязкоэластичных смесей, структурный фракционный и химический состав которых включает большое количество разнообразных составляющих в виде пластификаторов, наполнителей, стабилизаторов, связующих и т.п. Меняя их число и процентные соотношения, можно в той или иной степени настроено изменять величину и температурную зависимость *динамического модуля упругости и коэффициента потерь* виброшумодемпфирующих покрытий. Другим распространенным материалоемким техническим приемом, направленным на решение аналогичной задачи, является включение в структурный состав виброшумодемпфирующих покрытий дополнительных накладываемых друг на друга функциональных слоев. Последовательно сопрягаемые, при этом, составные слои виброшумодемпфирующих покрытий, обладают существенно отличающимися физико-механическими характеристиками (плотностями, толщинами, динамической жесткостью, и др.). Недостатками такого типа известных технических решений, обеспечивающих увеличение виброакустической эффективности виброшумодемпфирующих покрытий, является существенное усложнение их структурного состава и технологического процесса изготовления, ухудшение весо-габаритных, стоимостных и экологических показателей. Помимо этого, как правило, требуется улучшение технологических свойств виброшумодемпфирующих покрытий, в отношении достижения их пластичности и требуемого качества надежного (стабильного) адгезионного поверхностного сопряжения с поверхностями несущих тонколистовых панелей, исключения образования пузырчатых вздутий и растрескиваний в процессе повышения температур нагрева при технологиях их нанесения и высокотемпературной сушки (приводящих, в том числе, и к сопутствующим потерям виброшумодемпфирующих свойств), исключения накопления влаги, способствующего возникновению очагов коррозии в образованных таким образом дефектных зонах покрытий (возникающих при технологических процессах мойки, окраски и т.д.).

Для успешного технически и экономически обоснованного решения описанных технических проблем авторами проекта предлагаются к использованию разработанное семейство модифицированных конструктивно-технологических исполнений разнообразных концепций вязкоэластичных акустических ламинатных структур, нанесенных на поверхностях тонкостенных виброшумогенерирующих панелей систем и агрегатов транспортных средств.

**Согласно первой концепции** конструктивно-технологического исполнения (заявка на изобретение RU 2011123812, дата приоритета 15.06.2011 г.), модифицированная акустическая ламинатная структура (см. рис. 1) может быть выполнена модульного типа, образованной несущей матричной поверхностью армирующего слоя (2), на которой с использованием адгезионного промежуточного слоя (3) упорядочено, мозаичным способом, с образованием воздушных зазоров между противоположащими торцевыми поверхностями, смонтированы, по крайней мере, две группировки обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок (5...8) заданных габаритных размеров и геометрических форм (треугольной, четырехугольной или иной правильной многоугольной), при их идентичных толщинах. Каждая из группировок обособленных прокладок (5...8) изготавливается из различных, по крайней мере, двух типов (марок) вязкоэластичных вибродемпфирующих веществ, с отличающимися физико-механическими свойствами, характеризуемыми заданными значениями модуля упругости и коэффициента потерь в ограниченных различных температурных диапазонах. Их монтаж на поверхности несущей тонколистовой панели (9) предусматривает, например, упорядоченное размещение в шахматном порядке и соответствующее закрепление, с обеспечением требуемого адгезионного сопряжения вязкоэластичных прокладок с поверхностью армирующего слоя (2). При этом, образующиеся воздушные зазоры ( $t_z$ ) между смонтированными на поверхности армирующего слоя (2) противоположащими торцевыми поверхностями обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок (5...8), находятся в диапазоне  $t_z=(0,1...6,0)h_{вз}$ , где  $h_{вз}$  – толщина вязкоэластичного слоя (1). Каждый из габаритных размеров проекций лицевых поверхностей каждой из обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок (5...8) не менее чем в 5 раз превышает толщину  $h_{вз}$  вязкоэластичного слоя (1), а площадь проекции лицевой поверхности каждой из обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок (5...8) на тыльную поверхность армирующего слоя (2) составляет  $2,5 \times 10^{-6} \dots 1 \times 10^{-2} \text{ м}^2$ .

Технический результат достигается за счет реализаций температурно настроенного эффективного преобразования механической работы динамических деформаций вязкоэластичного слоя ламинатной структуры в рассеиваемую тепловую энергию, вносимой каждым из используемых, не менее двух семейств (группировок) различных типов (марок) ламинатных покрытий виброшумодемпфирующих материалов обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок, соответствующим образом упорядочено распределенных по поверхности виброшумоактивной тонколистовой панели.

При прочих идентичных условиях, исходя из сравнения с известными ламинатными акустическими структурами аналогичной площади покрытия поверхности виброшумоактивных тонколистовых панелей, что и представляемые варианты технического решения первой концепции, использование последних способствует меньшему расходу

виброшумодемпфирующих веществ, по отношению к вариантам устройств со сплошным многослойным монолитным покрытием, состоящим из нескольких, последовательно наложенных друг на друга, вязкоэластичных слоев, покрываемым заданную площадь поверхности.

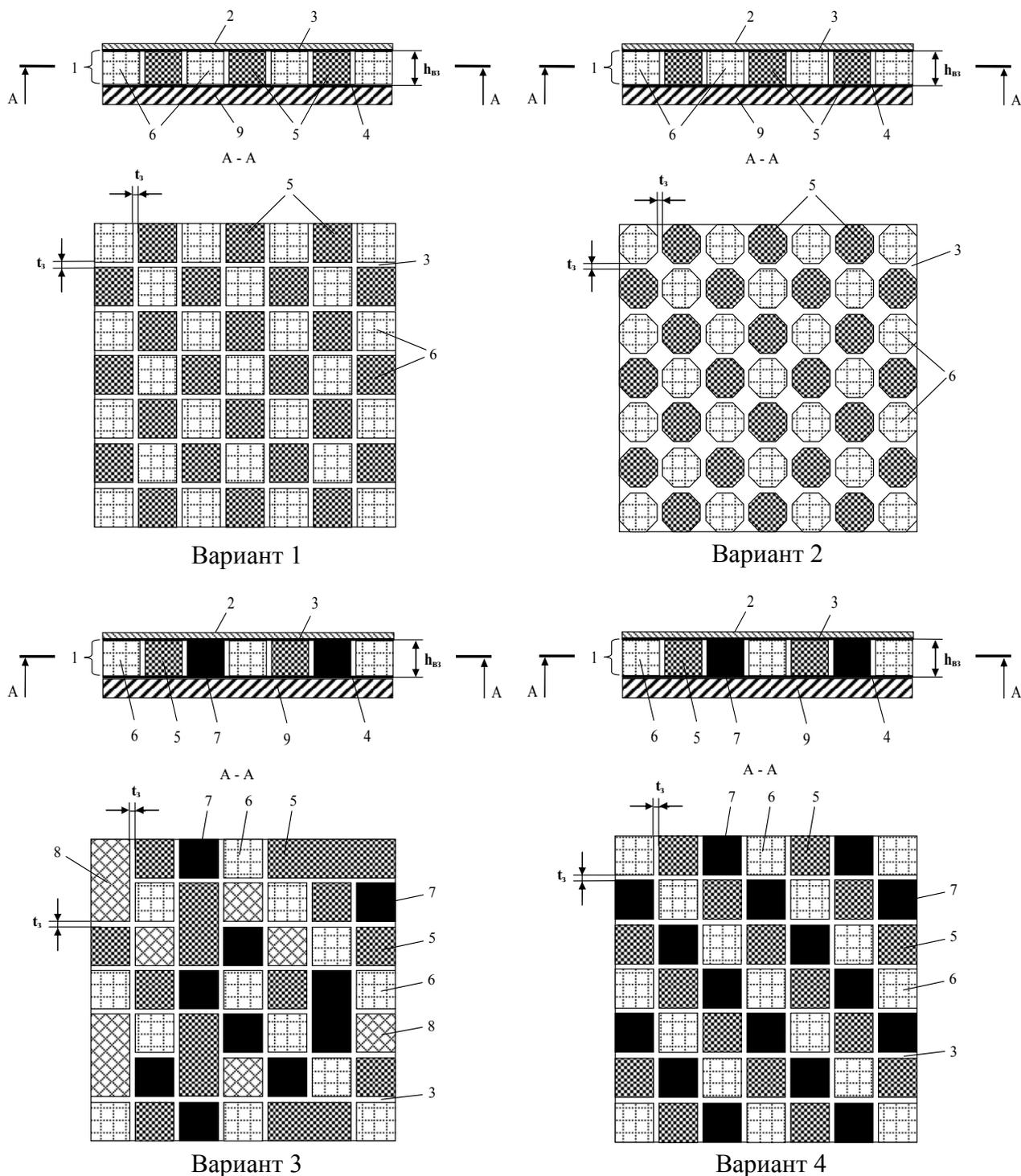


Рисунок 1 - Фрагменты поперечного и продольного разреза различных вариантов модифицированных ламинатных акустических структур для виброшумодемпфирования тонкостенных панелей кузова транспортного средства  
(первая концепция конструктивно-технологического исполнения)

Следует указать также, что улучшаются технологические и эксплуатационные свойства представляемых типов модифицированных акустических ламинатных структур, связанные с исключением (ослаблением) процесса формирования недостаточно надежной и нестабильной адгезионной связи его с сопрягаемой твердой поверхностью колеблющейся структуры, вследствие, например, характерного образования пузырчатых вздутий и растрескиваний вязкоэластичного слоя и/или монтажа его на неплоские изогнутые поверхности технических объектов.

**Согласно второй концепции** конструктивно-технологического исполнения (заявка на изобретение RU2010136239, дата приоритета 27.08.2010) модифицированная акустическая ламинатная структура (см. рис. 2) содержит несущую тонколистовую панель (1) и смонтированную на ее поверхности, по крайней мере, одну армированную виброшумодемпфирующую прокладку, состоящую из вязкоэластичного слоя (3), армирующего слоя (5), адгезионного промежуточного слоя (4) и адгезионного монтажного слоя (2). Отличительной особенностью является то, что армирующий слой (5) с одной из сторон прокладки, превышает габаритные размеры вязкоэластичного слоя (3), образуя концевую незадемпфированную часть (6), несопряженную с поверхностью вязкоэластичного слоя (3), составляющую не менее 30% тыльной поверхности шумовибродемпфирующей прокладки, которой она закреплена на поверхности несущей тонколистовой панели (1) с использованием адгезионного промежуточного слоя (4). Для усиления сдвиговых динамических деформаций ламинатного виброшумодемпфирующего покрытия структура вязкоэластичного слоя (3) и адгезионного монтажного слоя (2) может быть дополнительно перфорирована отверстиями (8) с *коэффициентом перфорации*:

$$k_{nep} = \frac{S_{nep}}{S_{np}} \leq 0,25,$$

где  $S_{nep}$  – суммарная площадь проекции отверстий перфорации (8) на плоскость поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки (9), м<sup>2</sup>,  $S_{np}$  – площадь лицевой проекции поверхности задемпфированного участка (5) армированной виброшумодемпфирующей прокладки (9), м<sup>2</sup>.

Технический результат достигается за счёт исключения относительного свободного смещения (относительно несущей виброшумоактивной тонколистовой панели) и уменьшения свободных динамических деформаций армирующего слоя (5) ламинатного виброшумодемпфирующего покрытия, с соответствующей интенсификацией механизмов преобразования механической вибрационной энергии (интенсифицируется процесс динамических сдвиговых деформаций и динамических деформаций «растяжение-сжатие» структуры вязкоэластичного слоя) в необратимым образом рассеиваемую при этом тепловую

энергию, что и обуславливает высокий виброшумодемпфирующий эффект. За счёт этого, может быть также снижен удельный поверхностный вес и стоимость такого типа ламинатного виброшумодемпфирующего покрытия путём, например, определенного уменьшения толщины вязкоэластичного слоя (3) и/или армирующего слоя (5) и сокращения площади вибродемпфирующего покрытия несущей виброактивной тонколистовой панели (1), при сохранении или некотором улучшении виброшумодемпфирующих свойств ламинатного покрытия на уровне известных аналогов.

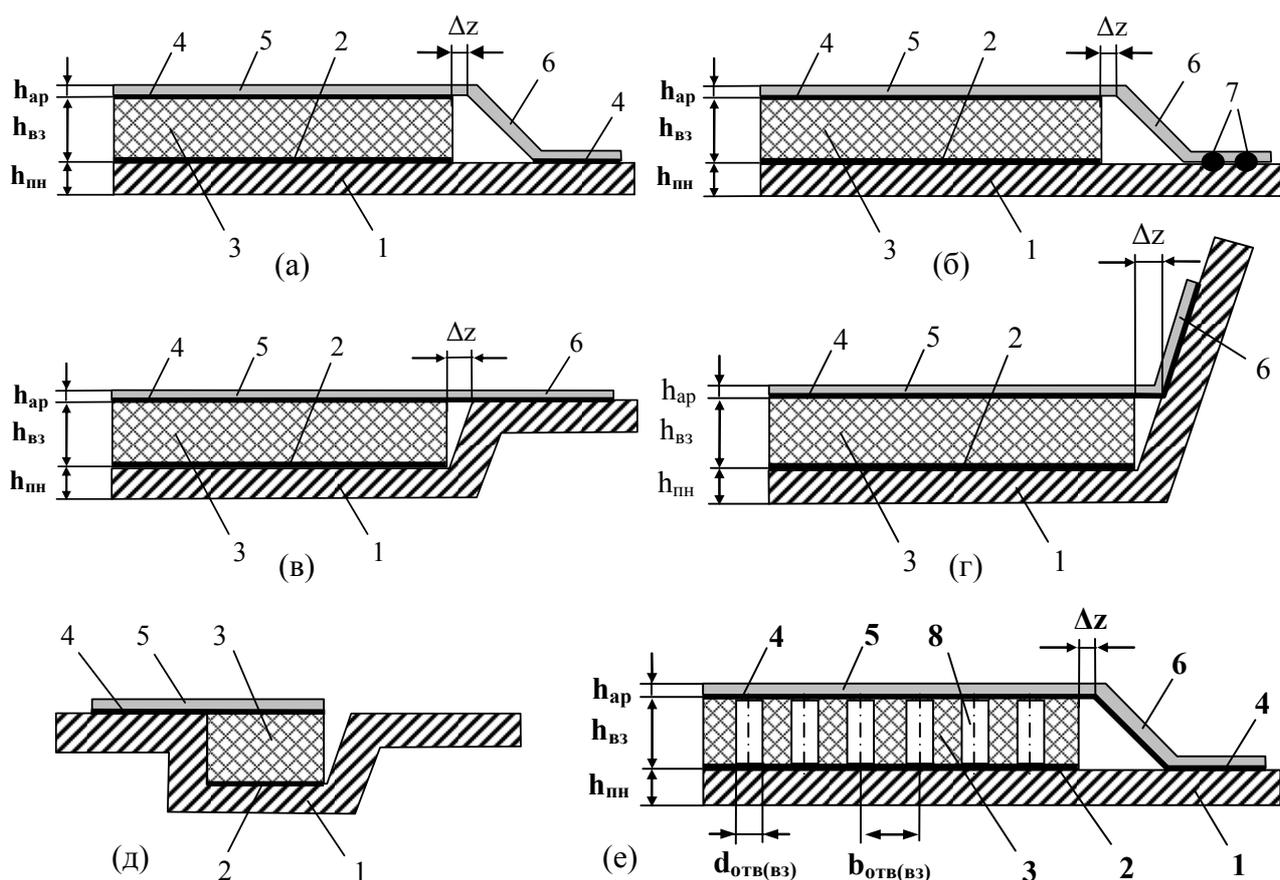


Рисунок 2 - Схема модифицированной акустической ламинатной структуры в составе фрагментной зоны несущей тонколистовой виброшумоактивной панели и различных вариантов (а...е) адгезионно смонтированной на ее поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки

*(вторая концепция конструктивно-технологического исполнения)*

**Согласно третьей концепции** конструктивно-технологического исполнения (заявка на изобретение RU2011102072, дата приоритета 20.01.2011 г.) модифицированная акустическая ламинатная структура (см. рис. 3) содержит несущую тонколистовую виброшумоактивную панель (1), армированную виброшумодемпфирующую прокладку, состоящую из вязкоэластичного слоя (3) в составе обособленных узкополосных, разделенных воздушными

зазорами прокладок, монолитного армирующего слоя (5), адгезионного промежуточного слоя (4), соединяющего армирующий и вязкоэластичный слой, адгезионного монтажного слоя (2), сопрягающего встречные поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки и несущей тонколистовой панели (1).

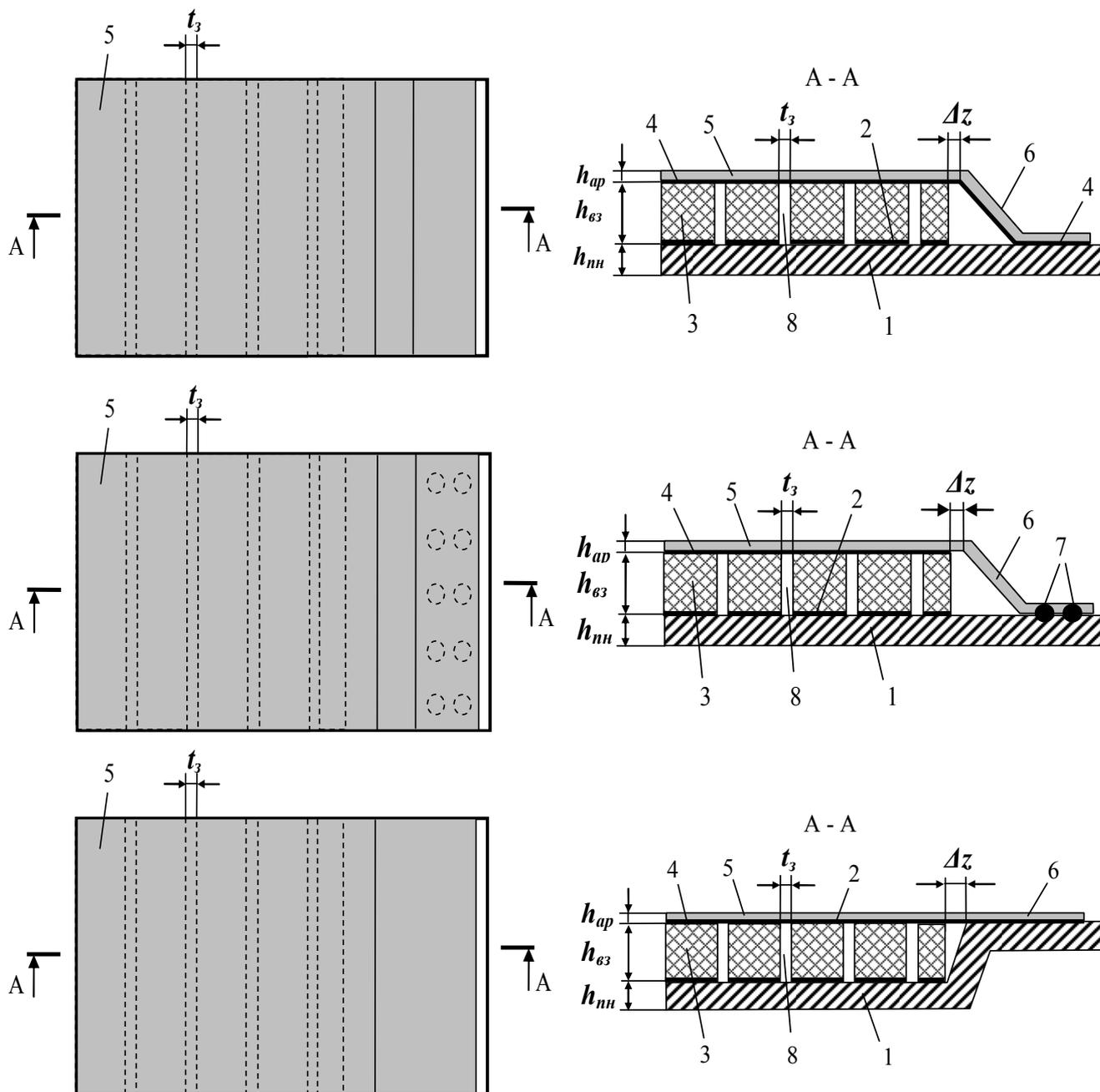


Рисунок 3 - Схема модифицированной акустической ламинатной структуры в составе фрагментной зоны несущей тонколистовой виброшумоактивной панели и различных вариантов адгезионно смонтированной на ее поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки

*(третья концепция конструктивно-технологического исполнения)*

При этом, монолитный армирующий слой (5) армированной виброшумодемпфирующей прокладки с одной из сторон, превышает габаритные размеры вязкоэластичного слоя (3), образуя концевую, несопряженную с поверхностью вязкоэластичного слоя часть (6), не менее 30% своей тыльной поверхности, которая закреплена, например, адгезионно, или с использованием сварного соединения (7) на незадемпфированной поверхности несущей тонколистовой панели. В вязкоэластичный слой армированной виброшумодемпфирующей прокладки выполнен в виде обособленных узкополосных плосколистовых фрагментов, разнесенных между собой, с образованием соответствующих воздушных зазоров (8) шириной  $t_3=(0,2\dots1,5)h_{вз}$ , где  $h_{вз}$  – толщина вязкоэластичного слоя армированной виброшумодемпфирующей прокладки.

Технический результат достигается за счет исключения свободного совместного динамического смещения армирующего и вязкоэластичного слоев (относительно несущей тонколистовой панели), уменьшения амплитуд свободных динамических деформаций армирующего слоя (5) и возрастания динамических деформаций поверхностей, связывающих сопрягаемые поверхности вязкоэластичного (3) и армирующего слоев (5) в составе армированной виброшумодемпфирующей прокладки, интенсифицируя тем самым деформационные виброшумодемпфирующие процессы, протекающие в зонах сопряжения поверхностей армирующего слоя (5) и вязкоэластичного слоя (3). Одновременно с этим, выполнение соответствующих воздушных зазоров (8) между обособленными фрагментами вязкоэластичного слоя (3), обеспечивает его более высокую сдвиговую податливость (в сравнении с сопоставляемым вариантом исполнения протяженного монолитного вязкоэластичного слоя), что, в конечном итоге, позволяет достичь дополнительного эффекта увеличения амплитуд динамических сдвиговых деформаций структуры армированной виброшумодемпфирующей прокладки. В связи с достигаемыми более высокими эффектами виброшумодемпфирования, может быть потенциально (при необходимости) снижен удельный поверхностный вес и стоимость акустической ламинатной структуры, например реализуемого за счет определенного снижения толщины вязкоэластичного слоя (3) и/или армирующего слоя (8) и/или уменьшения площади покрытия несущей виброактивной тонколистовой панели (т.е. сокращения количества используемого дорогостоящего виброшумодемпфирующего вещества ламинатного акустического покрытия), при соблюдении условия сохранения приемлемых виброшумодемпфирующих характеристик, достигнутых на уровне прототипа (выполнения требований технического задания или требований технических условий для данного технического объекта).

**Согласно четвертой концепции** конструктивно-технологического исполнения модифицированной акустической ламинатной структуры (см. рис. 4, 5) виброшумоактивной

панели (панелей) кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова транспортного средства (заявка на изобретение RU2010136241, дата приоритета 27.08.2010), с несущим типом кузова, содержит отдельные виброшумодемпфирующие плосколистовые ламинатные прокладки (12), адгезионно смонтированные в зонах локализаций *пучностей низших резонансных собственных форм* (низших собственных мод) изгибных колебаний несущих виброшумоактивных формообразующих панелей (8...10, 13...18) кузова, характеризующихся наиболее высокой (доминирующей) виброакустической активностью. При этом, процессу виброшумодемпфирования непосредственно подвергаются предварительно преднамеренно исполненные перфорированные зоны поверхности не менее чем одной виброшумоактивной панели кузова, *перфорация* (2) панелей осуществляется сквозными отверстиями диаметром  $d_{отв(нн)}=(0,5...6,0) \times h_{вз}$ , расположенными с межцентровым шагом  $b_{отв(нн)}=(2,0...20,0) \times d_{отв(нн)}$ , коэффициент перфорации виброшумоактивных панелей кузова находится в диапазоне

$$k_{пер(нн)} = \frac{S_{пер}}{S_{пр}} = 0,05...0,25 \quad , \quad \text{а адгезионная ламинатная установка (монтаж)}$$

виброшумодемпфирующей прокладки (12) на перфорированную зону (2) виброшумоактивной панели кузова обеспечивает полное перекрытие сквозных каналов зон перфорации панелей кузова, с образованием соответствующей слоистой герметичной композитной виброшумодемпфированной структуры, где  $h_{вз}$  – толщина вязкоэластичного слоя (3) виброшумодемпфирующей прокладки;  $S_{пер}$  – суммарная площадь проекции отверстий перфорации (2) на плоскость поверхности панели кузова, отсекаемой плоскостями, касательными к периферическим зонам отверстий перфорации (2);  $S_{пр}$  – площадь лицевой поверхности виброшумодемпфирующей прокладки. В случае выполнения отверстий перфорации (2) в структурах несущих панелей (1) некруглой геометрической формы, площадь проекции одного отверстия выбирается равной  $S_{отв}=(0,7...1,2) \times 10^{-6} \times h_{вз}$ , а межцентровой шаг отверстий перфорации  $b_{отв(нн)}=(0,5...10) \times S_{отв}$ . Отверстия перфорации (2) в структуре несущей панели могут быть расположены как равномерно (с постоянным шагом  $b_{отв(нн)}$ ), так и неравномерно распределены по локальной поверхностной зоне, с заданным переменным значением межцентрового шага, например, увеличивающимся от центральной зоны участка перфорирования к ее периферийной части, выбранном в диапазоне  $b_{отв(нн)}=(2,0...20,0) \times d_{отв(нн)}$ , а также иметь различные габаритные размеры.

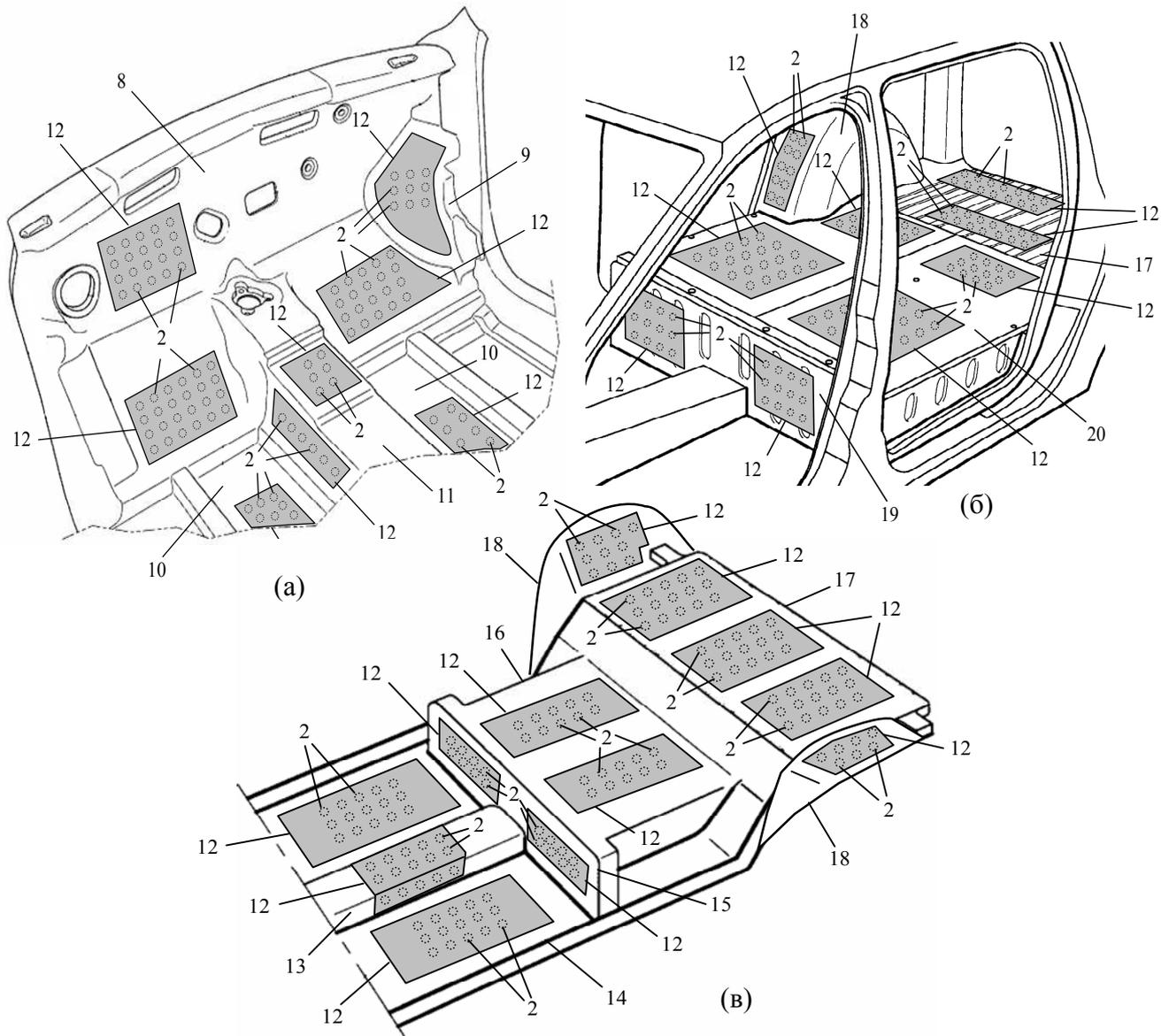


Рисунок 4 – Конструктивно-технологические схемы образованных локализованных фрагментов вариантов (а...в) модифицированных акустических ламинатных структур в сочетании с перфорированными виброшумоактивными зонами панелей кузова транспортного средства, содержащих в локальных виброшумоактивных поверхностных зонах плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки  
*(четвертая концепция конструктивно-технологического исполнения)*

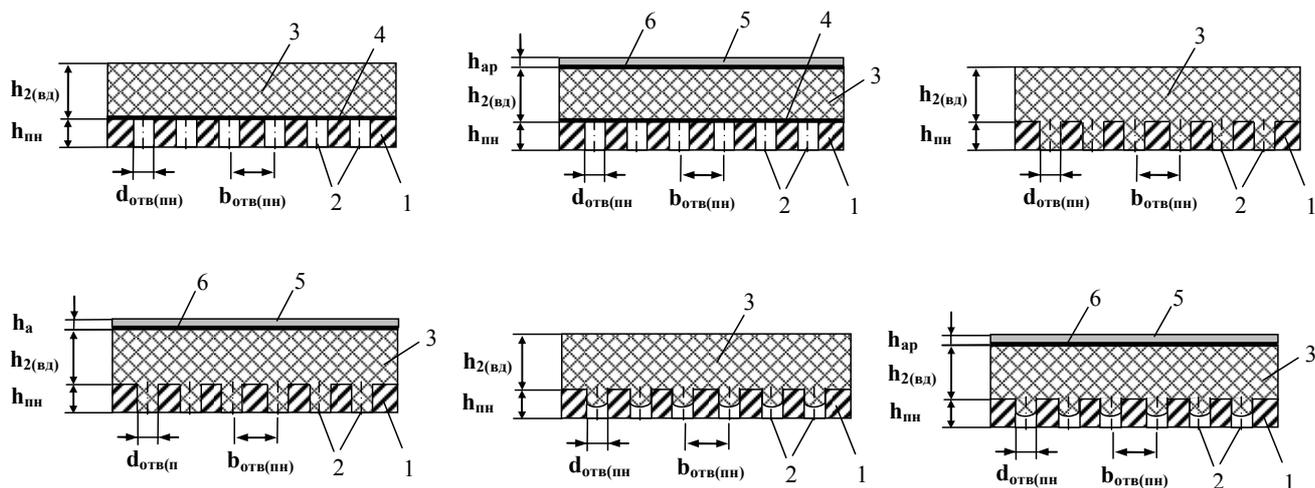


Рисунок 5 – Примеры конструктивно-технологических схем исполнения модифицированных акустических ламинатных структур в составе фрагментной зоны перфорированной несущей виброшумоактивной панели кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова транспортного средства, с адгезионно смонтированной на ее поверхности плосколистовой виброшумодемпфирующей прокладкой

*(четвертая концепция конструктивно-технологического исполнения)*

Подобная комбинированная концепция конструктивно-технологического исполнения модифицированной акустической ламинатной структуры (см. рис. 6, 7) может быть использована в качестве конструктивного элемента виброшумодемпфирования для отопительно-вентиляционной установки транспортного средства (заявка на изобретение RU2011116501, дата приоритета 26.04.2011 г.). Она представляется в виде, по крайней мере, одной плосколистовой виброшумодемпфирующей прокладки, содержащей в своём составе вязкоэластичный (27) или вязкоэластичный (27) и армированный (30) слои, площадь поверхности которой составляет не менее 30% общей площади поверхности виброшумоактивной стенки соответствующего, по крайней мере, одного корпусного элемента (1), изготовленного преимущественно, из полимерного конструкционного материала. При этом, плосколистовая шумовибродемпфирующая прокладка, смонтирована на отдельной ограниченной зоне поверхности стенки соответствующего корпусного элемента (1), с использованием слоя адгезионного покрытия (28), которая перфорирована сквозными отверстиями (25) и диаметр которых находится в диапазоне  $d=(1,2...5,0)\times h_{см}$ , которые расположены с межцентровым шагом  $b=(3,2...22,0)\times d$ , а коэффициент перфорации ограниченной зоны поверхности виброшумоактивной стенки находится в диапазоне

$$k_{пер} = \frac{S_{пер}}{S_{np}} = 0,05...0,20,$$

где  $h_{cm}$  – толщина стенки соответствующего корпусного элемента (1);  $S_{nep}$  – суммарная площадь проекции сквозных отверстий перфорации (25) на плоскость ограниченной зоны поверхности стенки соответствующего корпусного элемента (1);  $S_{np}$  – площадь лицевой поверхности монолитной плосколистовой виброшумодемпфирующей прокладки (семейства узкополосных прокладок), перекрывающей ограниченную зону поверхности виброшумоактивной стенки соответствующего корпусного элемента (1), содержащего сквозные отверстия перфорации (25).

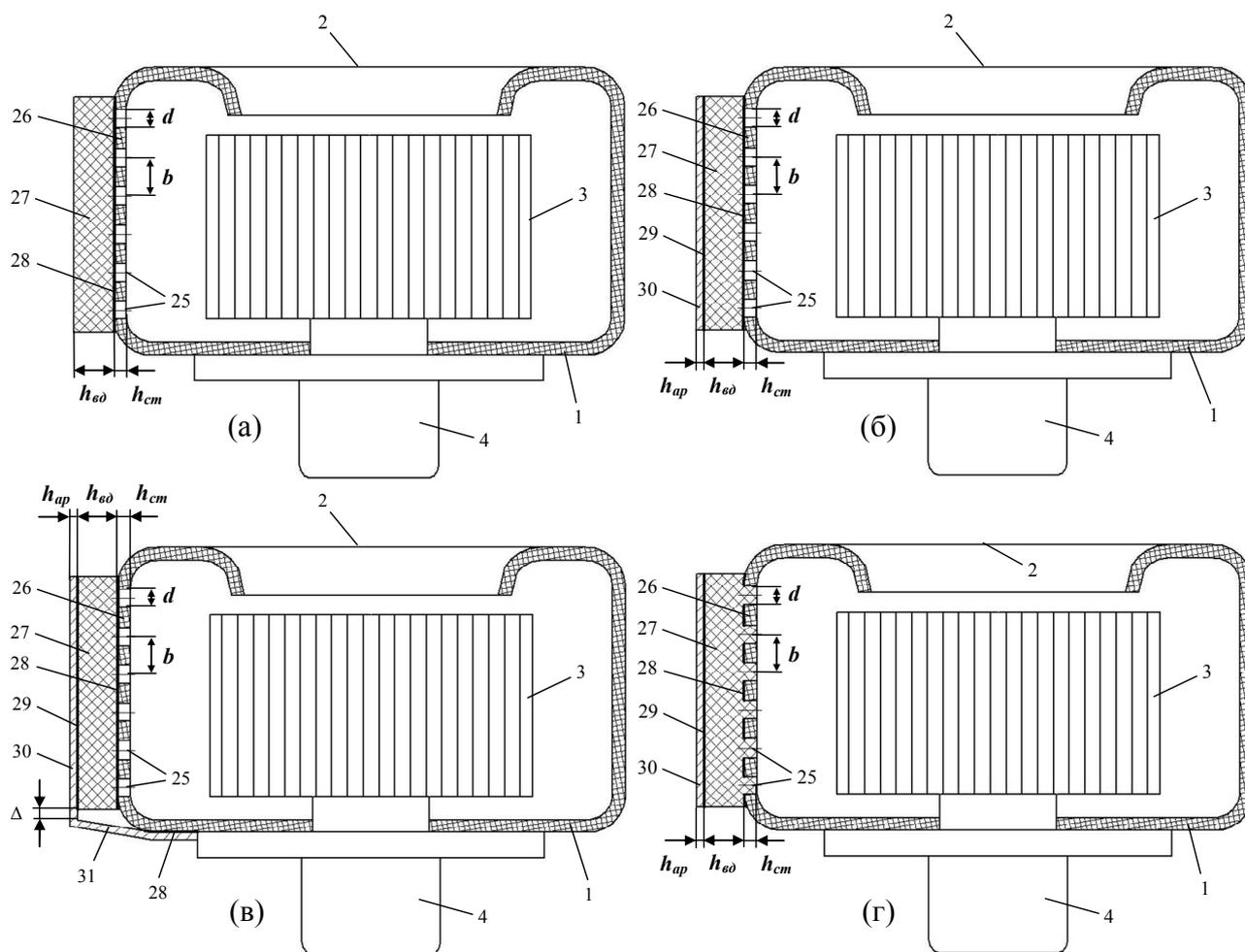


Рисунок 6 – Схемы конструктивно-технологических исполнений (а, б, в, г) поперечного сечения корпуса вентилятора отопительно-вентиляционной системы, ограниченная виброшумоактивная зона стенки которого перфорирована сквозными отверстиями с последующим монтажом на ее поверхность плосколистовой виброшумодемпфирующей прокладки (комбинация третьей и четвертой концепций конструктивно-технологического исполнения)

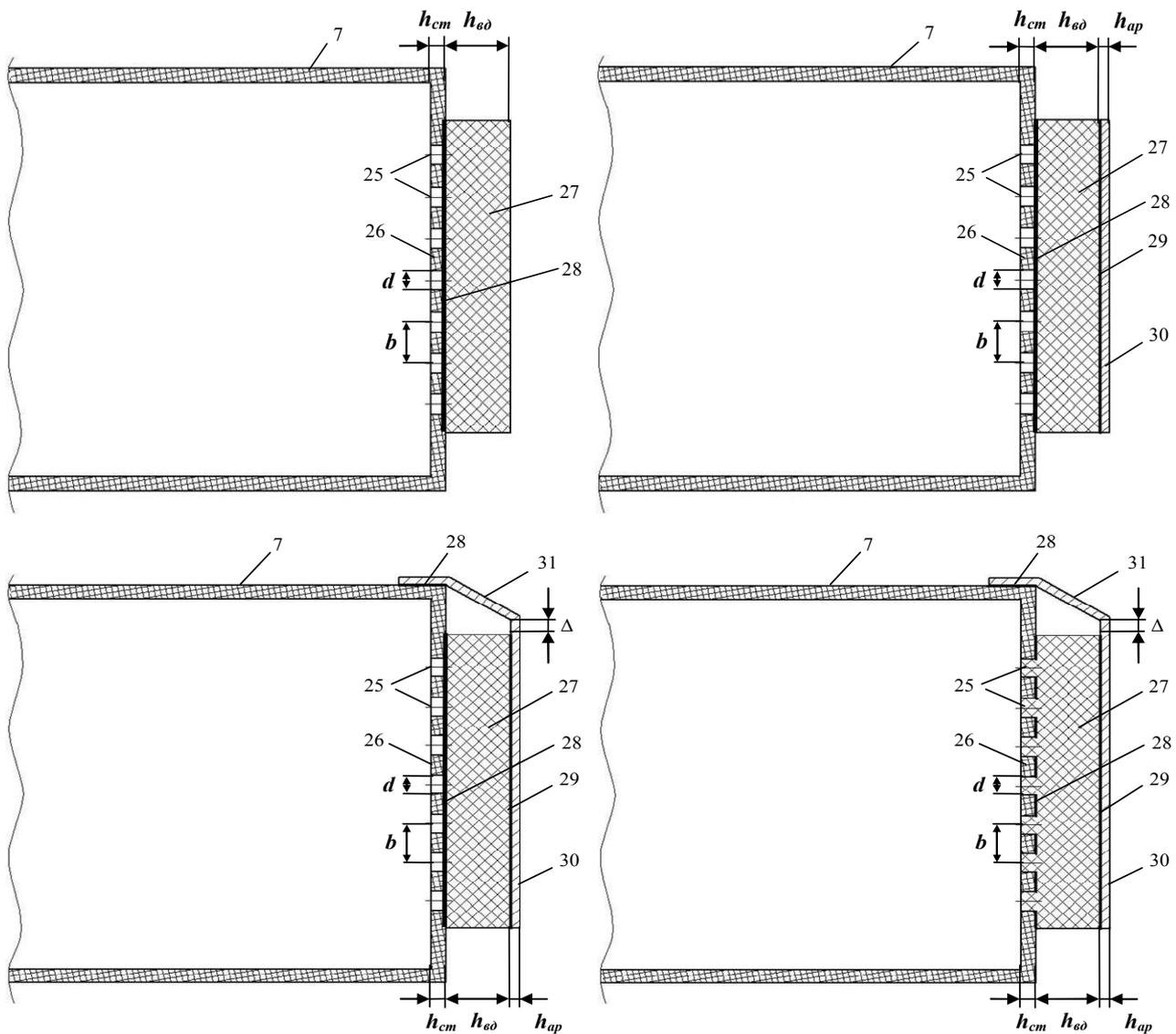


Рисунок 7 – Схемы конструктивно-технологических исполнений фрагментных зон (а, б, в, г) поперечного сечения корпуса отопителя отопительно-вентиляционной системы, торцевые стенки которых перфорированы сквозными отверстиями, на которые смонтированы плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки (комбинация третьей и четвертой концепций конструктивно-технологического исполнения)

При использовании перфорированной структуры несущей виброшумоактивной панели в составе с сопрягаемым слоем плосколистого неперфорированного виброшумодемпфирующего покрытия (плосколистовой вибродемпфирующей прокладки) и образующейся при этом модифицированной акустической композитной структуры, в диапазоне изменения рабочих эксплуатационных температур  $+20\dots+80^{\circ}\text{C}$  усиливается процесс динамических деформаций сдвига вязкоэластичного слоя, обуславливающий повышенный эффект виброшумодемпфирования. При этом, данное увеличение динамических сдвиговых деформаций вызвано снижением динамической жесткости (увеличением динамической

податливости) перфорированной зоны несущей виброшумоактивной панели в локализованных зонах монтажа вибродемпфирующих покрытий, что влечет соответствующее увеличение амплитуд динамических деформаций, реализуемых в структуре вязкоэластичного слоя и соответствующему росту диссипативных потерь в образованной слоистой композитной структуре.

Достижение более высоких значений *приведенного композитного коэффициента потерь* модифицированных акустических ламинатных структур, в составе перфорированных несущих кузовных панелей, позволяет при прочих равных условиях использовать более тонкие вибродемпфирующие покрытия, что благоприятно в отношении достижения улучшенных весогабаритных показателей технических объектов, а также, в ряде случаев, позволяет применять более дешевые, обладающие меньшей виброшумодемпфирующей эффективностью вещества вязкоэластичного слоя, избегать неоправданного применения удорожающего виброшумодемпфирующее покрытие армирующего слоя. Попутно, с вышеотмеченными положительными техническими эффектами, перфорирование отдельных локализованных виброшумоактивных зон панелей транспортных средств улучшает технологические процессы их окраски, мойки и сушки, из-за более эффективной реализации дренажа (перетекания, удаления) различных веществ (грунта, краски, моющих средств) из полостей образуемых панелями. В частности, исключается возможное образование пузырчатых вздутий вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий в составе слоистых композитных структур в процессе технологической сушки окрашенных панелей, что тем самым обеспечивает более качественную (прочную) адгезию вязкоэластичного слоя по всей поверхности прилегания (сопряжения) с встречной поверхностью виброшумоактивной панели кузова, что также, дополнительно улучшает (обеспечивает стабильность) эффективность виброшумодемпфирования.

## **2. Команда проекта.**

2.1 Фесина Михаил Ильич, доцент, к.т.н.

2.2 Краснов Александр Валентинович, доцент, к.т.н.

2.3 Горина Лариса Николаевна, зав. кафедрой, профессор, д.п.н.

2.4 Малкин Илья Владимирович, аспирант

2.5 Назаров Алексей Геннадьевич, аспирант

2.6 Самокрутов Александр Андреевич, студент

### 3. Описание создаваемого бизнеса.

По рассматриваемому техническому направлению в Федеральный институт промышленной собственности Российской Федерации (ФИПС РФ) подано 5 заявок на изобретения, из которых на данный момент времени по 2 заявкам уже получены положительные решения о выдаче патентов:

- RU 2010136239 «Многослойная виброшумодемпфированная композитная структура» (получено положительное решение о выдаче патента РФ на изобретение), дата приоритета 27.08.2010;

- RU 2010136241 «Слоистая виброшумодемпфированная панель кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова транспортного средства» (получено положительное решение о выдаче патента РФ на изобретение), дата приоритета 27.08.2010;

- RU 2011102072 «Модифицированная многослойная виброшумодемпфированная композитная структура», дата приоритета 20.01.2011 г.;

- RU 2011116501 «Отопительно-вентиляционная система пассажирского помещения (кабины водителя) автотранспортного средства», дата приоритета 26.04.2011 г.;

- RU 2011123812 «Многослойное армированное виброшумодемпфирующее покрытие панели кузова автотранспортного средства», дата приоритета 15.06.2011 г.

В качестве аналогов могут рассматриваться материалы, характеризующиеся повышенным внутренним трением, предназначенные для виброшумодемпфирования тонкостенных виброшумоактивных панелей в составе технических объектов, преимущественно для транспортных средств. Аналогичного типа материалы представлены в виде вязкоэластичных мастик или плосколистовых вязкоэластичных прокладочных ламинатов, адгезионно устанавливаемых на поверхностях вибрирующих тонкостенных металлических и/или полимерных панелей, путем их напыления, штапелирования, приплавления (термоадгезии) или использования дополнительного термоактивного или липкого клеевого слоя, нанесенного на монтажных поверхностях плосколистовых виброшумодемпфирующих покрытий. В качестве структурной основы такого типа виброшумодемпфирующих покрытий, как правило, применяются смеси на основе битума или полимерных композиций различного химического состава, с использованием разнообразных пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей и связующих компонентов, придающих им те или иные механические, виброшумодемпфирующие, технологические, эксплуатационные и другие характеристики (свойства).

Известные типичные структуры виброшумодемпфирующих покрытий, содержащие в своем составе вязкоэластичный слой, оцениваются выраженной зависимостью виброшумодемпфирования, квалифицируемого динамическим модулем упругости (модулем

Юнга) и коэффициентом потерь, характеризующим степень превращения (рассеивания) энергии механических вибраций (изгибных деформационных колебаний) несущей механической основы (тонколистовой виброшумоактивной панели) в тепловую энергию от температуры их нагрева. В зависимости от используемого структурного и химического состава вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий, как правило, достигается заданный (относительно узкий) рабочий эксплуатационный температурный диапазон эффективных значений коэффициента потерь (с обеспечением в нем эффективного процесса виброшумодемпфирования). Очевидны недостатки такого типа структур виброшумодемпфирующих покрытий для использования их на виброакустически активных деталях узлов, систем и механизмов машин, эксплуатируемых в широких диапазонах изменений температур рабочей и внешней среды. Также возникают проблемы обеспечения заданных технологических характеристик акустических ламинатных структур, в частности, качества надежного (стабильного) адгезионного поверхностного сопряжения с поверхностями несущих тонколистовых панелей, исключения образования пузырчатых вздутий и растрескиваний в процессе повышения температур нагрева при технологиях их нанесения и высокотемпературной сушки (приводящих, в том числе, и к сопутствующим потерям виброшумодемпфирующих свойств), исключения накопления влаги, способствующего возникновению очагов коррозии в образованных таким образом дефектных зонах покрытий (возникающих при технологических процессах мойки, окраски и т.д.).

В качестве производителей такого типа виброшумодемпфирующих ламинатных покрытий следует указать на: ОАО «Балаковорезинотехника» (г. Балаково), ООО «НижПласт» (г. Нижний Новгород), ЗАО НПП «Тэксикал Консалтинг» (г. Тольятти), ООО «Стандартпласт» (г. Иваново), ООО «Виза» (г. Тольятти), ф. «Gurit-Essex» (Швейцария), ф. «Faugesia» (Франция), ф. «Autoneum» (Швейцария), ф. «Antiphon AB» (Швеция), ф. «Sontech» (Швеция), ф. «Henkel-Teroson GmbH» (Германия), ф. «Adler Polska» (Польша) и др.

#### **4. Анализ рынка.**

Согласно проведенному авторами информационному анализу, включающему отечественные и зарубежные периодические научно-технические издания, сборники трудов научно-технических конференций, симпозиумов, конгрессов, научных монографий, а также патентов на изобретения ведущих стран мира на глубину 20 лет – сведения об аналогичного типа продуктах, в виде предлагаемых авторами модифицированных акустических ламинатных структур в составе модулей и конструкций деталей транспортных машин и энергетических установок и стоимостных параметрах – обнаружены не были.

## **5. Финансовый план.**

На данной стадии разработки проекта финансовые затраты, требуемые для дальнейшего развития проекта, инвесторами могут быть определены только исходя из конкретных (заданных) объемов производства, при рассмотрении конкретных технических объектов, в которых предполагается использование акустических ламинатных структур и т.д.

## **6. Экономические показатели.**

На данном этапе проекта экономические показатели авторами проекта не могут быть определены, требуется заинтересованный инвесторный производитель предлагаемых типов модифицированных акустических ламинатных структур, который и может определять конкретный бизнес-план данного проекта.

## **7. Анализ рисков и эффективности проекта.**

Организация производства модифицированных вязкоэластичных акустических ламинатных структур материалов, покупка производственных площадей, приобретение соответствующего технологического оборудования, обучение персонала связаны с определенными финансовыми затратами, которые могут компенсированы в сжатые сроки с дальнейшим получением прибылей ввиду востребованности высокоэффективных ламинатных покрытий для производителей транспортной, энергетической и бытовой техники. В особенности, данная проблема актуальна для автомобилестроителей стран СНГ, налаживающих производство собственных конкурентоспособных моделей автомобилей, а также совместных предприятий и производителей автокомпонентов для поставок продукции как зарубежным автосборочным комплексам, так и расположенным на территории стран СНГ (фирм «Toyota», «Hyundai», «Volkswagen», «Skoda», «Peugeot Citroën», «General Motors», «Renault-Nissan», «Mercedes-Benz», «Volvo» и др.). Не исключается экспорт конкурентоспособных продуктов на западные и развивающиеся рынки зарубежных стран.

## **8. Коммерческое предложение инвесторам и партнёрам.**

Разработанный комплекс патенто-чистых технических решений может быть переуступлен заинтересованным инвесторам и партнерам путем заключения соответствующего лицензионного соглашения. При необходимости (по запросу инвесторов и партнеров), авторским коллективом проекта семейство разработанных им конструктивно-технологических исполнений концепций вязкоэластичных акустических ламинатных структур может быть представлено в расширенном адаптированном виде для конкретных технических объектов в виде их соответствующей инжиниринговой доработки.