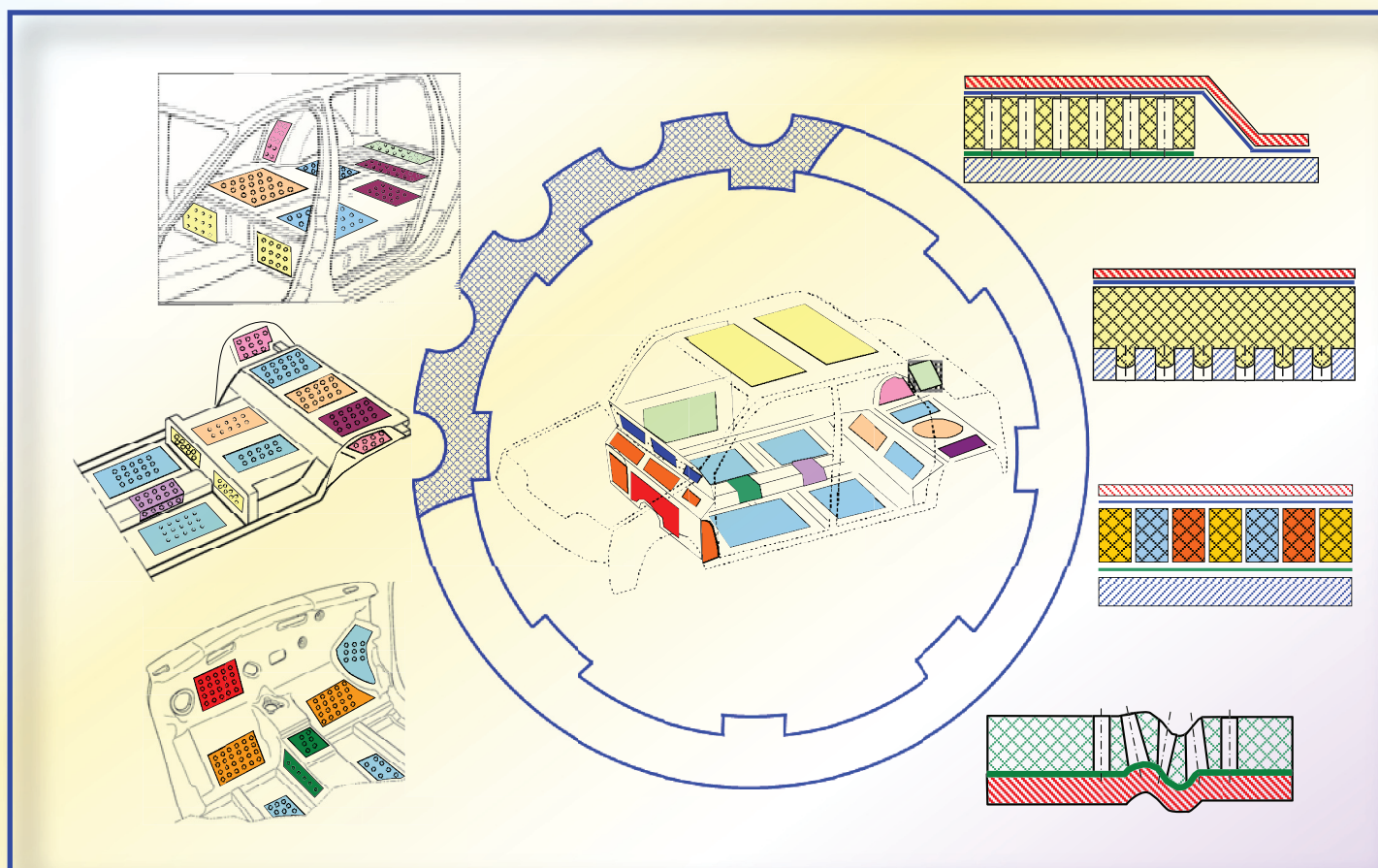


М.И. Фесина, А.В. Краснов, Л.Н. Горина

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Учебно-методическое пособие



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

М.И. Фесина, А.В. Краснов, Л.Н. Горина

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ
ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Учебно-методическое пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2012

УДК 628.517.2
ББК 3.39.33-04
Ф44

Рецензенты:

научный руководитель консалтинг-бюро
«Prof. R. Starobinski. Silencers. Consuling and engineering»,
д. т. н., профессор *Р.Н. Старобинский*;
к. п. н., доцент Тольяттинского государственного университета *Н.Е. Данилина*.

Ф44 Фесина, М.И. Практические приемы повышения виброшумодемпфирующих свойств материалов и конструкций деталей машин : учеб.-метод. пособие / М.И. Фесина, А.В. Краснов, Л.Н. Горина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 173 с. : обл.

В учебно-методическом пособии рассмотрены практические приемы повышения виброшумодемпфирующих свойств вязкоэластичных (жестких, жестких армированных, комбинированных) структур материалов в составе виброшумогенерирующих конструктивных элементов деталей, узлов, механизмов и систем транспортных средств, энергетических установок, инженерного и производственно-технологического оборудования, составленные исключительно на примерах авторских технических разработок, защищенных патентами на изобретения и полезные модели.

Пособие предназначено для студентов направления подготовки 280700 «Техносферная безопасность» очной и заочной форм обучения. Может быть также полезным для студентов направлений подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение» и 190100 «Наземные транспортно-технологические средства», аспирантов вузов, инженерно-технических и научных работников, повышающих свой образовательный и профессиональный уровень в области промышленной акустики и специализирующихся в направлении разработок низкошумных технических объектов.

УДК 628.517.2
ББК 3.39.33-04

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Виброшумодемпфирующие свойства (*материалов, конструкций, деталей машин*) — способность (физические свойства) внутренних структур материалов и/или конструкций деталей в составе функционирующего виброшумоактивного узла (агрегата, системы, машины) эффективно рассеивать вибрационную энергию при совершении ими механических колебаний с уменьшенными амплитудами путем ее необратимого перехода в тепловую энергию с достижением конечного шумопонижающего эффекта. Реализуется механизм подавления структурной составляющей (вибрационного происхождения) шумоизлучения, производимого твердыми поверхностями колеблющихся стенок деталей узлов, агрегатов и систем машин. В отличие от *вибродемпфирования* конечной целевой задачей *виброшумодемпфирования* является уменьшение шума, производимого техническими объектами. *Виброзвукодемпфирующие (виброшумодемпфирующие) материалы* — это материалы, обладающие *виброзвукодемпфирующими (виброшумодемпфирующими) свойствами*.

В настоящем учебно-методическом пособии представлены исключительно *плосколистовые виброшумодемпфирующие материалы и прокладки*, применяемые для подавления структурного шума, производимого тонколистовыми виброактивными панелями технических объектов, в то время как вибродемпферы и виброизоляторы, эластичные муфты, динамические гасители колебаний, выполняющие в ряде случаев аналогичную функцию уменьшения шумового излучения машин, не рассматриваются.

В перечне эффективных методов и средств уменьшения шумового излучения, производимого различными техническими объектами (транспортными средствами, энергетическими установками, инженерным производственно-технологическим оборудованием, бытовой техникой), особое место занимают виброшумодемпфирующие материалы. Их используют в качестве конструкционных материалов деталей узлов и систем, содержащих в своем составе интегрированные виброшумодемпфирующие элементы в виде оригинальных конструкций плосколистовых и формованных виброшумодемпфирующих вязкоэластичных прокладок, виброизоляторов, вибродемпферов, эластичных муфт, динамических гасителей колебаний и т. д. Использование такого типа структур материалов позволяет производить и эксплуатировать низкошумные технические объекты, удовлетворяющие жестким требованиям экологических стандартов, обладающие повышенным акустическим комфортом, улучшенными потребительскими, стоимостными и конкурентными качествами.

В отличие от уже опубликованных учебных пособий [27; 35; 36] по данной тематике, в которых приводятся примеры расчетов оценочных физических характеристик виброакустических полей механизмов и систем машин, в представленном учебно-методическом пособии сделан упор на развитие у студентов и специалистов, повышающих свой образовательный и профессиональный уровень, определенных практических навыков конструирования виброшумокомфортных технических объектов — преимущественно автотранспортных средств. В пособии использованы разработки известных инновационных технических решений, на которые выданы патенты на изобретения и полезные модели. В этом случае возможно рассматривать, анализировать и использовать уже накопленный мировой практический опыт разработок низкошумных технических объектов, отраженный в технических описаниях патентов, содержащихся в базах отечественного, европейского и международного патентных фондов. Так, в 14 разделе пособия приводится описание подробной технологической процедуры поиска тех или иных технических аналогов (прототипов) предстоящей разработки по тем или иным рубрикам международной патентной классификации (соответствующим классам, подклассам, группам, подгруппам). Доступность и оперативность получения

обширной информационной базы является беспрецедентной – буквально в день публикации открытых баз данных сети Интернет (выкладки на серверах Федерального института промышленной собственности РФ – RU, Европейской базы патентных данных – EP, международной базы патентных данных – WO).

Представленное пособие никоим образом не противопоставляется упомянутым выше уже опубликованным известным учебным пособиям, а органично их дополняет. В результате их синтеза возможно формирование рациональной конструктивно-технологической концепции разрабатываемого технического объекта, наделенного улучшенными виброакустическими качествами. Она может подтверждаться (дополняться) необходимым объемом расчетных выкладок, заимствованных из тех или иных изданий (учебников, монографий, статей, сборников научных трудов) по данной тематике. Таким образом, становится возможным в полной мере решать поставленную техническую проблему.

Сформулированные и обобщенные в пособии основные механизмы и технические направления повышения виброшумодемпфирующих свойств материалов и разработки шумопонижающих элементов машин (автотранспортных средств) осуществляются различными конструктивно-технологическими приемами, базирующимися на авторских технических разработках, защищенных патентами на изобретения и полезные модели, некоторые из которых представлены в виде графических иллюстраций. Авторами пособия получено свыше 450 патентов на изобретения и полезные модели по проблеме виброакустики технических объектов. Конечно, этим не ограничивается информационная база пособия. В 14 разделе приведен дополнительный перечень более 800 патентов на изобретения и полезные модели отечественных и зарубежных авторов – ведущих разработчиков и производителей виброшумодемпфирующих материалов и конструкций. Подробные сведения об этом существенно расширяют информационную базу по данной технической проблеме, что может быть в той или иной степени успешно учтено и реализовано в различных разработках.

1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУКТУР АКУСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛНОМАСШТАБНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

1.1. Методы исследований внутреннего шума

Дорожные акустические испытания автотранспортных средств (АТС) проводятся на специальных дорогах автополигонов (испытательных треков) или на качественных покрытиях дорог общего пользования, соответствующих требованиям ГОСТ Р 51616-2000 [1]. Для испытаний выбирается прямолинейный (сухой, гладкий и чистый) участок дороги с асфальтобетонным покрытием. Продольный уклон измерительного участка не должен превышать 1%. На расстоянии 20 м от продольной оси измерительного участка не должны находиться крупные звукоотражающие объекты. Уровень шумовых помех на открытом пространстве в зоне измерительного участка должен быть не менее чем на 15 дБА ниже измеряемых уровней шума объекта испытаний (АТС). Если это условие не соблюдается, следует внести поправку уровня шумовых помех по ГОСТ 12.1.026 [2]. Испытания проводят при отсутствии атмосферных осадков, атмосферном давлении 760 мм рт. ст. с допустимым отклонением $\pm 5\%$. Температура окружающего воздуха должна находиться в диапазоне 10...+30°C, скорость ветра на высоте 1,2 м от поверхности измерительного участка не должна превышать 5 м/с.

Измерения уровней шума (расположение измерительных микрофонов) в пассажирском помещении легкового автомобиля проводятся в плоскости продольной оси автомобиля на уровне органов слуха водителя и переднего пассажира (точка *Б* по ГОСТ Р 51616-2000, далее – контрольная точка 1) и на уровне органов слуха задних пассажиров (точка *А* по ГОСТ Р 51616-2000, далее – контрольная точка 2). При этом микрофон в контрольной точке *Б* должен быть смещен от оси симметрии сиденья водителя на 0,2 м в направлении центральной продольной оси автомобиля. Расстояние от измерительного микрофона до близлежащих стенок ограждающих поверхностей пассажирского помещения или тела испытателя, проводящего измерения, должно быть не менее 0,15 м. Измерительный микрофон располагают горизонтально, а его ось максимальной чувствительности ориентируется в направлении движения автомобиля.

Испытания проводят на двух режимах движения АТС: при интенсивном разгоне и при движении с постоянными скоростями. При испытаниях на режиме интенсивного разгона автомобиля, оборудованного механической КП (имеющей ручное управление), включается наиболее высокая передача (не ниже третьей, если КП имеет четыре и более передач, и не ниже второй, если коробка передач имеет менее четырех передач), обеспечивающая движение АТС со скоростью, не превышающей 120 км/ч при частоте вращения коленчатого вала двигателя, равной 90% его режима максимальной мощности. Испытания проводят на выбранной передаче, начиная со скорости (частоты вращения коленвала двигателя), соответствующей 45% скоростного режима (частоте вращения коленвала двигателя) максимальной мощности двигателя, и заканчивая на скорости (частоте вращения коленвала двигателя), соответствующей 90% скоростного режима максимальной мощности. При испытаниях АТС, оборудованного автоматической коробкой передач, приводимого в движение с помощью электродвигателя или при наличии в конструкции АТС ограничителя скорости, режимы испытаний имеют некоторые особенности (подробно см. ГОСТ Р 51616-2000).

При акустических испытаниях на режиме движения АТС с постоянными скоростями измерения уровней шума проводят на высшей передаче в диапазоне изменения скоростей, начиная с 60 км/ч или 40% максимальной скорости АТС до скорости,

соответствующей 80% максимальной, но не более 120 км/ч. Измерения проводят при различных значениях постоянных скоростей, как правило при 60, 80, 100, 120 км/ч. За результат измерения на режиме интенсивного разгона принимают максимальное значение общего уровня шума, зарегистрированное в процессе разгона АТС, в то время как на режиме движения с постоянными скоростями – усредненное по времени проведения измерения значение общего уровня шума на данном скоростном режиме. Допустимые общие уровни шума для каждого типа АТС определяются значениями, представленными в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Допустимые уровни внутреннего шума АТС

Автотранспортное средство	Допустимые уровни звука, дБА	
	до 01.01.2014 г.	после 01.01.2014 г.
Автомобили и автобусы для перевозки пассажиров		
Категория М ₁	78	77
Категория М ₁ (вагонная или полукапотная компоновка кузова)	80	79
Категории М ₂ , М ₃		
– на рабочем месте водителя	78	77
– в пассажирском помещении автобусов классов В, II и III	80	79
– в пассажирском помещении автобусов класса А и I	82	81
Категории М ₂ , М ₃ с расположением двигателя спереди или в зоне рабочего места водителя, в том числе вахтовые и другие специальные автобусы, изготовленные на шасси грузовых автомобилей	80	79
Автомобили для перевозки грузов		
Категория N ₁ полной массой до 2 т	80	79
Категория N ₁ полной массой от 2 до 3,5 т	82	81
Категории N ₂ , N ₃	82	81
Категории N ₂ , N ₃ (седельные тягачи, грузовые автомобили (при наличии спального места)	80	78
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80	79
Троллейбусы		
– на рабочем месте водителя	78	77
– в пассажирском помещении	82	81
Транспортные средства с пневматическим приводом управления тормозными системами при истечении воздуха из пневмоаппаратов в кабину (пассажирское помещение) после их срабатывания	70	

Примечания к табл. 1.1.

1. Для автотранспортных средств повышенной проходимости категории M_1G по ГОСТ Р 52051 допускается превышение допустимых уровней звука не более чем на 2 дБ(А).

2. Для полноприводных автотранспортных средств повышенной проходимости категорий M_2G , M_3G , N_1G , N_2G , N_3G по ГОСТ Р 52051 допускается с 01.01.2014 г. превышение допустимых уровней звука не более чем на 1 дБ(А).

3. Для автотранспортных средств категории M_1 полной массой до 2 т с удельной мощностью на единицу массы более 75 на режиме разгона допускается превышение допустимых уровней звука не более чем на 4 дБ(А). Для автотранспортных средств категории M_1 с удельной мощностью на единицу массы более 125 допустимые уровни звука устанавливаются для испытательного режима движения на постоянной скорости.

В случае если значения уровней звука, измеренные на режиме разгона, превышают допустимые значения, приведенные в таблице, они должны быть указаны в эксплуатационной документации, прикладываемой к автомобилю (например, в «Руководстве по эксплуатации»).

4. Автотранспортные средства, приведенные в примечании, не могут использоваться для общественного пользования (например, такси), что также указывается в сопроводительной документации на автомобиль, представляемый покупателю (например, в «Руководстве по эксплуатации»).

5. Для автотранспортных средств специального назначения (автомобиль-дом, бронированное транспортное средство, автомобиль для ритуальных услуг, транспортное средство медицинской помощи и др.) категорий MC и NC , построенных на базе TC категории M , уровень звука не должен превышать допустимых уровней, установленных для базового транспортного средства.

6. Для автотранспортных средств специального назначения (бронированное транспортное средство, автомобиль для ритуальных услуг и др.) категорий NC , изготовляемых на базе TC категории N , уровень звука не должен превышать 80 дБ(А), а с 01.01.2014 г. – 79 дБ(А).

7. При проведении инспекционных испытаний сертифицированного типа автотранспортного средства допускается превышение допустимых уровней звука не более чем на 1 дБ(А).

При проведении исследовательских работ с углубленным изучением шумовых излучений на указанных режимах и при условиях, которые определяются конкретными программами испытаний и целями проведения работ (в том числе с целью оценки эффективности вводимых шумопонижающих мероприятий), дополнительно проводится оценка 1/3-октавных спектров уровней шума в диапазоне частот 20...20000 Гц, узкополосных спектров уровней звуковых давлений в диапазоне частот 20...625 Гц, *индекса артикуляции ИА* (в %).

Показатель «*индекс артикуляции*» *ИА* характеризует акустические (шумовые) помехи восприятия речи в кабине (пассажирском помещении) автомобиля. Данный показатель разработан на основе статистических исследований, заключающихся в составлении спектральной композиции человеческого голоса в ходе обычного (без повышения громкости) разговора. Рассчитывается на основе анализа 1/3-октавного спектра уровней звукового давления.

В качестве иллюстрационных примеров на рис. 1.1 и 1.2 приведены некоторые результаты измерений общих уровней внутреннего шума легковых автомобилей В и С классов. Результаты приведенных испытаний свидетельствуют, что общие уровни шума исследованных моделей легковых автомобилей находятся в широких динамических диапазонах: 71,2...78,3 дБА – на режиме, нормируемом ГОСТ Р 51616 (режим интенсивного разгона), 67,4...72,3 дБА – на режиме движения с постоянной скоростью 100 км/ч на 5-й передаче КП.

Полученные результаты испытаний иллюстрируют соответствие данных моделей автомобилей требованиям ГОСТ Р 51616 на нормируемом режиме интенсивного разгона (78+1 дБА). Важным выводом, который следует из полученных результатов испытаний, является выявленный потенциальный резерв улучшения акустического комфорта

в пассажирском помещении легковых автомобилей из сопоставления уровней шума «шумных» и «тихих» моделей автомобилей одного и того же класса (категории).

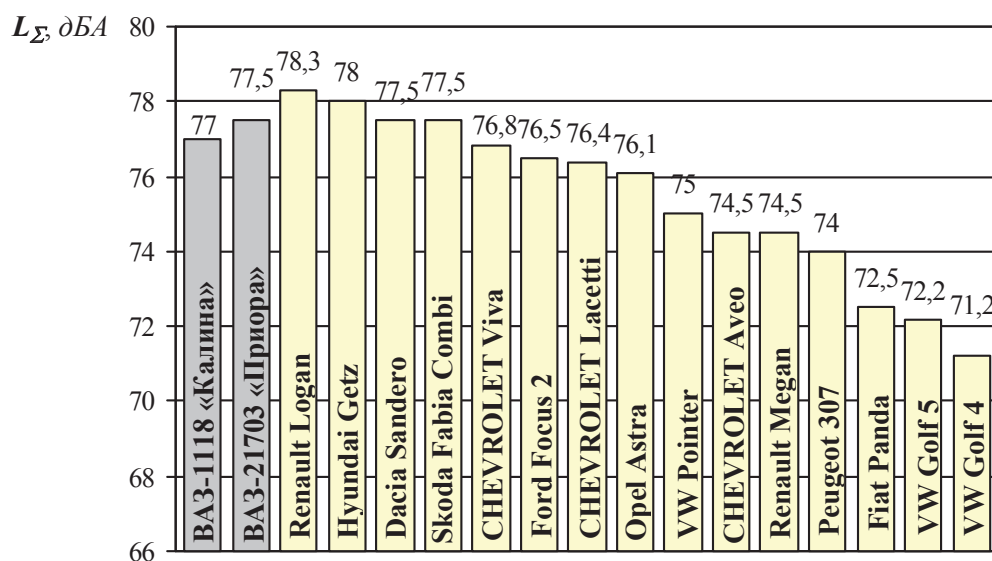


Рис. 1.1. Результаты измерений максимальных значений (замеренных в контрольных измерительных точках 1 и 2 пассажирского помещения) общих уровней внутреннего шума легковых автомобилей В и С классов на нормируемом режиме интенсивного разгона (ГОСТ Р 51616-2000)

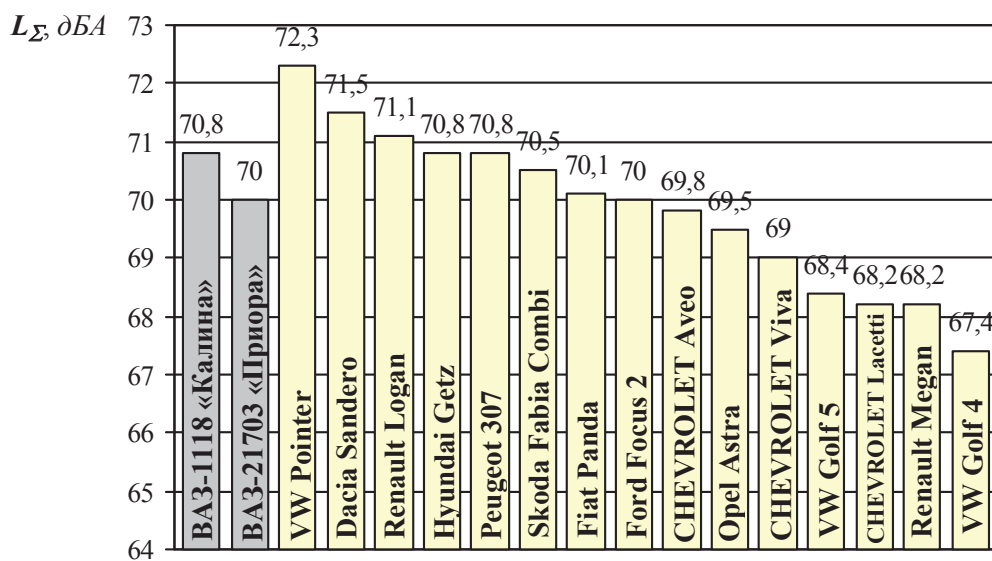


Рис. 1.2. Результаты измерений максимальных значений (замеренных в контрольных измерительных точках 1 и 2 пассажирского помещения) общих уровней внутреннего шума легковых автомобилей В и С классов на режиме движения на 5-й передаче КП с постоянной скоростью 100 км/ч

Измерения внутреннего шума АТС, производимого работающим модулем отопительно-вентиляционной системы (ОВС), проводятся как при штатных (серийных) комплектациях ОВС (смонтированных в составе товарных образцов АТС), так и при оценках эффективности разработанных конструктивно-технологических шумопоглощающих мероприятий, при проведении НИР и ОКР [3]. В связи с этим исследуемый образец АТС может, например, устанавливаться в большой полубезэховой акустической

камере или (при ее отсутствии) на открытом пространстве. Измерения проводятся в контрольной измерительной точке 1 (на уровне органов слуха водителя и переднего пассажира) на двух режимах испытаний (А и В). На режиме А двигатель АТС работает на оборотах холостого хода, электровентилятор модуля ОВС запитывается от бортовой сети АТС. Замеры виброакустических параметров производятся на всех скоростных режимах во всех направлениях подачи и всасывания воздуха, реализуемых на данной конструкции модуля ОВС. На режиме испытаний В двигатель АТС не работает, электровентилятор модуля ОВС запитывается от внешнего (автономного) источника питания стабилизированным напряжением, реализующим аналогичные режиму испытаний А скоростные и функциональные режимы работы модуля ОВС (рис. 1.3).

Оценка внутреннего шума, генерируемого работающим модулем ОВС, производится на основе анализа 1/3-октавных спектров уровней шума (в диапазоне частот 20...20000 Гц), общих уровней шума в дБА (в диапазоне частот 20...20000 Гц), узкополосных спектров (ширина полосы 1 Гц) уровней звуковых давлений (в характерном низкочастотном диапазоне 20...625 Гц), индексов артикуляции ИА (в%).

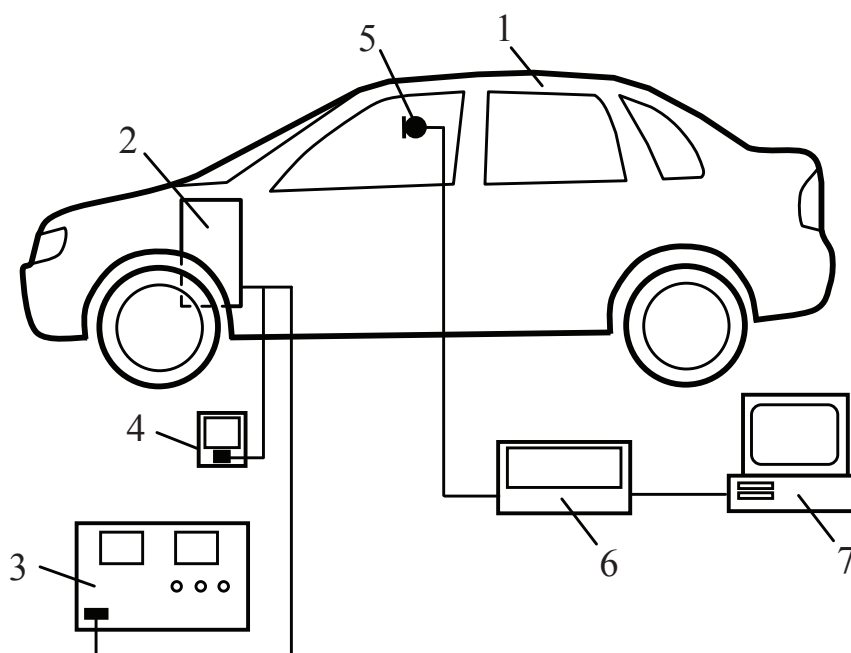


Рис. 1.3. Блок-схема измерений акустических параметров ОВС в составе легкового автомобиля: 1 – исследуемый образец автомобиля; 2 – исследуемый образец модуля ОВС; 3 – внешний источник питания; 4 – цифровой вольтметр; 5 – измерительный микрофон; 6 – частотный анализатор; 7 – компьютер со специальным программным обеспечением

Исследования аэродинамического внутреннего шума (аэроакустические испытания) АТС проводятся в полномасштабной аэродинамической трубе (ПАДТ) замкнутого типа (рис. 1.4), обеспечивающей низкошумный обдув объекта исследований равномерным воздушным потоком заданной скорости. ПАДТ содержит центробежный вентилятор 1, поворотные лопатки (делители потока) 2, тракт передачи и рециркуляции 3, входное сопло 4. Исследуемый образец АТС 6 неподвижно устанавливается в рабочей зоне 5 ПАДТ, на специальных опорных площадках аэродинамических весов 7. Уровень акустических помех при неработающей ПАДТ в ее рабочей зоне 5 (при отсутствии воздушного потока) не должен превышать 30 дБА, температура воздуха в рабочей зоне ПАДТ устанавливается равной +20°C. Испытания АТС (легкового автомобиля) проводятся на режимах обдува набегающим воздушным потоком, движущимся с постоянными скоростями 60, 80, 100, 120, 180 км/ч. Измерения уровней шума

в салоне автомобиля проводятся в штатных контрольных измерительных точках 1 и 2 (Б и А – по ГОСТ Р 51616-2000). При проведении аэроакустических испытаний легкового автомобиля все дефлекторные элементы входных отверстий в пассажирский салон и заслонка рециркуляции модуля ОВС устанавливаются в закрытое положение.

Оценка уровней аэродинамического внутреннего шума производится на основе анализа 1/3-октавных спектров уровней шума (в диапазоне частот 20...20000 Гц), общих уровней шума в дБА (в диапазоне частот 20...20000 Гц), индекса артикуляции ИА (в%).

Данный вид испытаний представляет технический интерес прежде всего с точки зрения акустической (звукоизоляционной) оценки уплотнительных узлов боковых и задней двери, перекрытия (блокировки) передачи аэродинамического шума в салон автомобиля через незакрытые отверстия и щелевые зоны панелей кузова, шума, распространяемого по пустотелым коробчатым конструкциям порогов, стоек, лонжеронов, усилителей, а также с точки зрения исследований (и последующей аэроакустической доводки) конструктивных элементов экстерьера автомобиля, генерирующих собственное шумовое излучение набегающим воздушным потоком (зеркала заднего вида, антенны, стойки А и т. д.).

В качестве иллюстративных примеров на рис. 1.5 представлены результаты аэроакустических испытаний легковых автомобилей В и С классов.

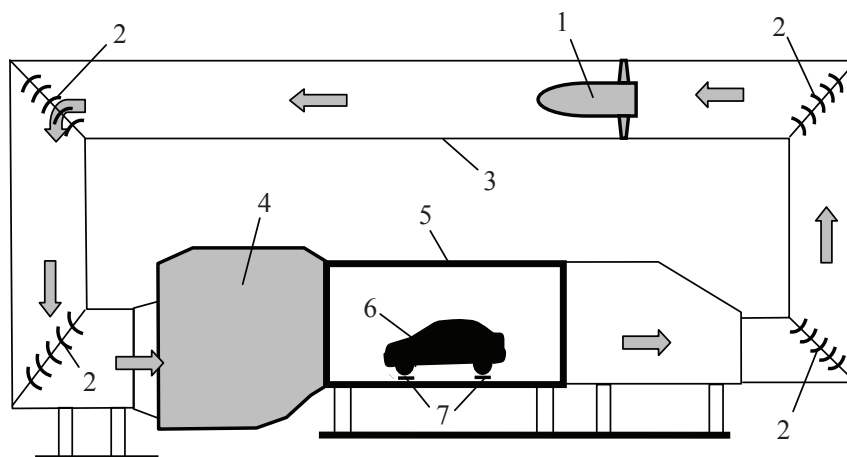


Рис. 1.4. Схема полномасштабной аэродинамической трубы, применяемой при исследованиях внутреннего аэродинамического шума АТС:

- 1 – вентилятор; 2 – поворотные лопатки (делители потока); 3 – тракт передачи и рециркуляции; 4 – рабочее сопло; 5 – рабочая зона; 6 – исследуемый образец АТС; 7 – опорные площадки аэродинамических весов

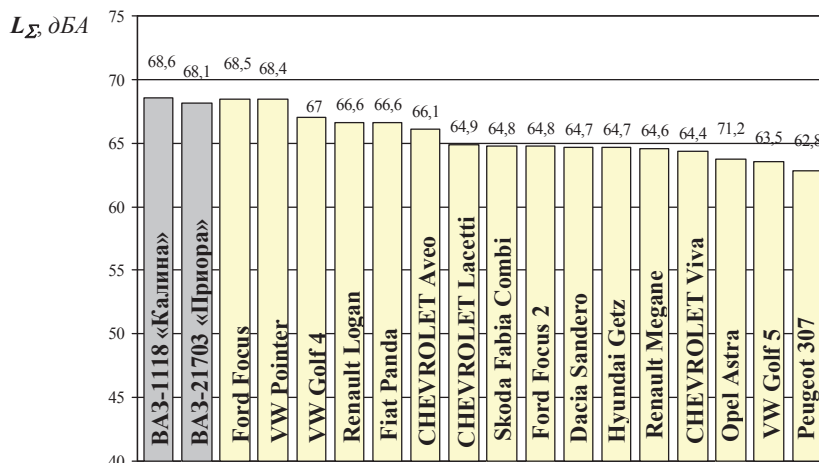


Рис. 1.5. Результаты измерения максимальных значений (по контрольным точкам 1 и 2) общих уровней аэродинамического внутреннего шума легковых автомобилей В и С классов при скорости обдува потоком воздуха 100 км/ч

1.2. Методы исследований внешнего шума

Измерения уровней внешнего шума движущегося легкового автомобиля проводятся согласно требованиям методики правил ЕЭК ООН R 51-02 и ГОСТ Р 41.51-2004 [4]. Для проведения испытаний используют горизонтальный 20-метровый участок асфальто- или цементобетонной дороги с продольным уклоном не более 1%. В радиусе 50 м от середины измерительного участка не должно находиться крупных звукоотражающих объектов. Требования к покрытию измерительного участка регламентированы стандартом ISO-10844 [5]. В частности, согласно требованиям указанного стандарта регламентируется остаточная пористость смеси для покрытия измерительного участка, которая не должна превышать 8%. В случае несоответствия определяющим параметром является нормальный коэффициент звукопоглощения образца дорожного покрытия, величина которого не должна превышать 0,1. Шероховатость, измеренная по методу объемного анализа, должна быть не менее 0,4 мм. Стандартом регламентируются также требования к однородности покрытия по площади испытательной площадки, составу покрытия и технологии его подготовки. Погодные условия и требования к окружающему шумовому фону, приемлемые для проведения испытаний по данному стандарту, аналогичны изложенным выше в ГОСТ Р 51616.

Измерения (расположение измерительных микрофонов) проводятся на измерительном участке на расстоянии 7,5 м от контрольной продольной линии CC' (рис. 1.6) и на высоте 1,2 м над поверхностью дорожного покрытия. Ось максимальной чувствительности измерительного микрофона ориентируют перпендикулярно к продольной оси автомобиля (линия CC'). На измерительном участке проводят линии AA' и BB' , параллельные линии PP' , расположенные соответственно на 10 м впереди и позади этой линии.

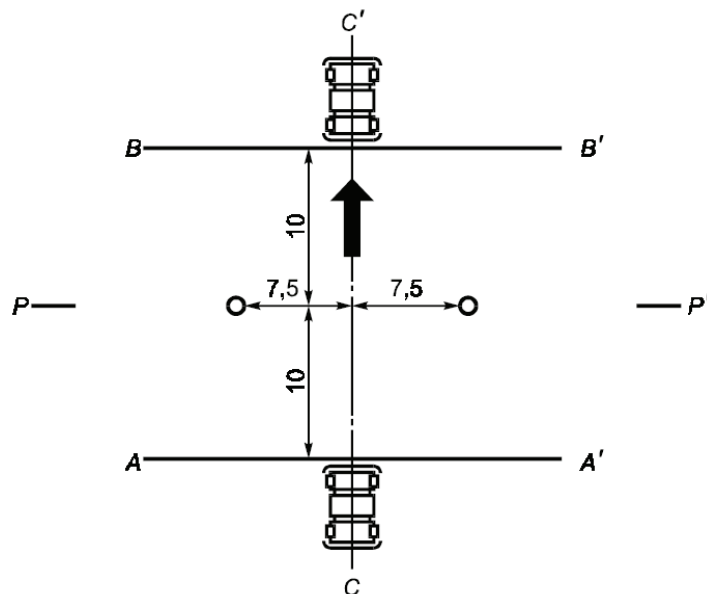


Рис. 1.6. Схема измерительного участка при измерении внешнего шума АТС:

AA' и BB' – начало и конец измерительного участка;

CC' – осевая линия движения автомобиля; PP' – микрофонная линия

АТС категорий M_1 и N_1 , оборудованные механическими КП с четырьмя или менее передачами переднего хода, испытывают на второй передаче. В случае если КП испытываемого АТС имеет более четырех передач переднего хода, то испытания проводят последовательно на второй и третьей передачах. При испытаниях АТС движется по прямой линии по направлению к измерительному участку (AA' – BB') таким образом, чтобы центральная плоскость продольного сечения АТС находилась как можно ближе

к линии СС' и приближалась к линии АА' с постоянной скоростью, как указано ниже. АТС приближается к началу измерительного участка с установившейся скоростью, соответствующей частоте вращения коленчатого вала двигателя, равной 0,75 от номинальной, или, если при этом она превышает скорость 50 км/ч, – движется со скоростью, равной 50 км/ч. Процесс измерений уровней внешнего шума АТС производится при интенсивном разгоне автомобиля на измерительном участке, ограниченном линиями АА' и ВВ' при его движении в двух направлениях. В момент, когда передняя часть АТС пересекает линию АА', испытатель (водитель) резко до упора открывает дроссельную заслонку бензинового двигателя (рейку топливного насоса – дизельного двигателя) и удерживает ее в этом положении до тех пор, пока задняя часть АТС не пересечет линию ВВ', затем заслонка резко закрывается. Соответственно, при движении в обратном направлении – разгон АТС начинается с линии ВВ' и заканчивается на линии АА'. В процессе испытаний регистрируются максимальные значения общего уровня шума в дБ(А) во всем диапазоне разгона АТС на 20-метровом участке АА'–ВВ'. При проведении измерений на двух передачах КП замеренные максимальные значения общих уровней внешнего шума округляются до десятых долей, затем суммируются и определяется их среднеарифметическое значение. Процедуры испытаний легковых автомобилей, не относящихся к категориям М₁ и N₁, использующих вспомогательные трансмиссионные агрегаты, а также АТС, оборудованных автоматической КП (в том числе и без ручного селектора выбора передач), имеют ряд особенностей выбора режимов испытаний (см. ГОСТ Р 41.51-2004).

Для исключения погрешности измерений уровней шума (вносимой измерительным прибором), проводимых согласно требованиям ГОСТ Р 41.51-2004, от рассчитанного среднеарифметического значения вычитают 1 дБА. При исследованиях эффективности вводимых тех или иных шумопонижающих мероприятий, как правило, оценивают шумопонижающие эффекты не только по значениям общих уровней шума, но и дополнительно проводят оценку 1/3-октавных спектров уровней шума в диапазоне частот 20...20000 Гц. Результаты измерения уровней внешнего шума некоторых моделей легковых автомобилей В и С классов представлены на рис. 1.7.

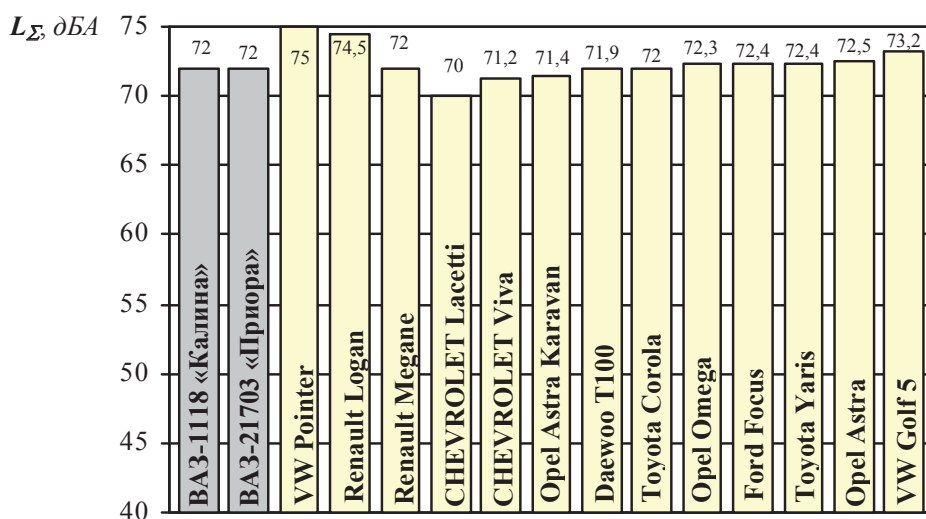


Рис. 1.7. Результаты измерения общих уровней внешнего шума легковых автомобилей В и С классов

ГОСТ Р 41.51-2004 (являющийся аналогом правил № 51-02 ЕЭК ООН) предусматривает также процедуру измерений шума, производимого неподвижным АТС. Указанная процедура выполняется для облегчения последующих контрольных проверок находящихся в эксплуатации АТС (согласно ГОСТ Р 52231-2004). Как правило, наиболее

проблематичным (нестабильным в процессе эксплуатации автомобиля, включая его выход из строя) является шумовое излучение, производимое системой выпуска отработавших газов – наиболее интенсивным источником шума АТС при потерях шумозаглушающих свойств глушителями. В этих случаях регистрируют общие уровни шума вблизи открытого среза концевой трубы выпускной системы (в 0,5 м от среза трубы по 45° к ее оси) и результаты измерений вносят в протокол. Более подробно данная методика изложена ниже.

Методика измерения внешнего шума на неподвижном АТС. Вследствие того что современные высокоэффективные конструкции глушителей систем выпуска отработавших газов ДВС в подавляющем большинстве случаев предусматривают применение волокнистых звукопоглощающих материалов в отдельных элементах (резонаторных и/или расширительных камерах глушителей), в процессе эксплуатации АТС возможен факт их частичного выдувания и/или закоксовывания твердыми частицами и конденсатным веществом, содержащимися в проходящих через глушители выхлопных газах. Таким образом, возможна частичная (зачастую – весьма значительная) потеря шумозаглушающих свойств таких конструкций глушителей. Имеют место случаи эксплуатации АТС с вышедшими из строя (поврежденными) глушителями шума. В результате эксплуатируемые в населенных пунктах АТС могут создавать весьма значительное шумовое излучение, беспокоящее население. В связи с этим как международными нормами (Правила № 51 ЕЭК ООН), так и отечественным стандартом (ГОСТ Р 52231-2004) регламентируются уровни шума, замеряемые в зоне открытого среза концевой участка трубы системы выпуска отработавших газов. Данный метод контроля является упрощенным и предназначен для быстрого определения и исключения из процесса эксплуатации АТС, производящих дефектное шумовое излучение на селитебных территориях населенных пунктов (производится соответствующими контролирующими надзорными органами).

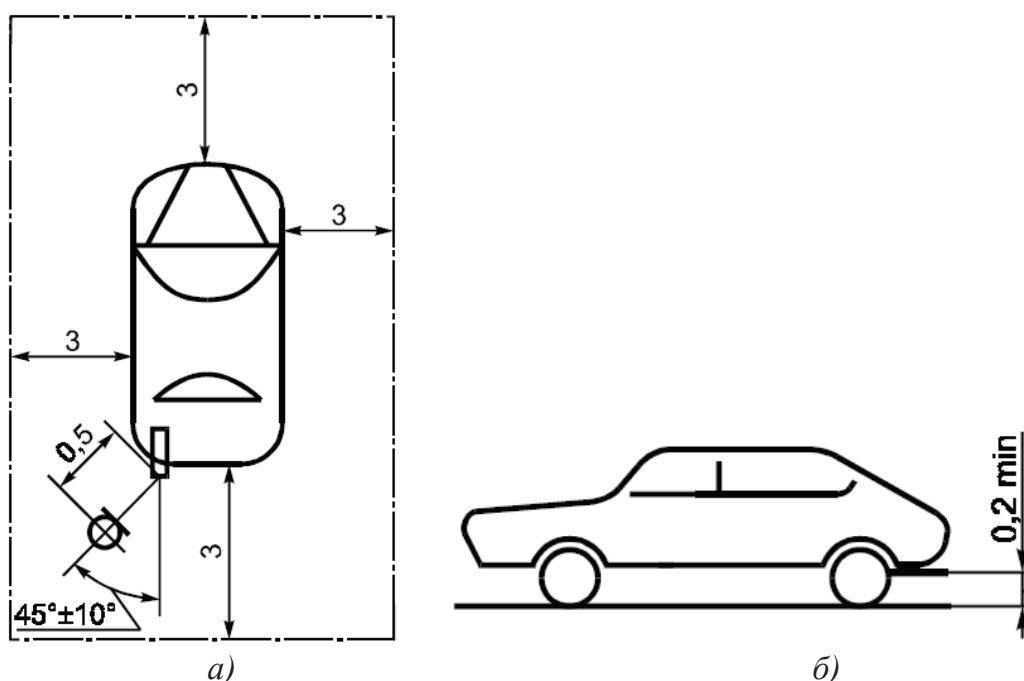


Рис. 1.8. Схема измерения внешнего шума на неподвижном АТС

Измерения уровня шума проводят на неподвижном АТС, установленном на горизонтальной площадке с асфальто- или цементобетонным покрытием. На расстоянии 3 м от АТС не должно быть крупных звукоотражающих объектов (рис. 1.8,а). При измерениях микрофон устанавливают над поверхностью площадки на высоте концевой участка

выпускной трубы глушителя, но не ниже 0,2 м, размещая на расстоянии 0,5 м от среза выпускной трубы. Главная ось микрофона должна быть параллельна поверхности площадки и должна составлять угол 45° с вертикальной плоскостью, проходящей через ось концевой участка выпускной трубы глушителя (рис. 1.8, б). При измерении шума рычаг переключения передач КП переводится в нейтральное положение, а сцепление – выключается. При работе двигателя в режиме холостого хода с минимальной частотой вращения нажимают на педаль управления подачей топлива (далее – педаль) и устанавливают постоянную частоту вращения коленчатого вала, составляющую 0,75 от номинальной. После достижения постоянной частоты вращения педаль подачи топлива быстро переводят в положение, соответствующее минимальной подаче. Измеряют максимальное значение уровня шума на режиме работы двигателя как с установленной постоянной повышенной частотой вращения, так и во время периода замедления вращения коленчатого вала, которое принимается за результат измерений и вносится в протокол.

1.3. Метод определения виброшумодемпфирующих свойств образцов конструкционных материалов и эффективности ламинатных виброшумодемпфирующих покрытий

Наиболее простым и широко используемым в автомобильной промышленности методом определения виброшумодемпфирующих характеристик материалов является метод вынужденных резонансных колебаний, реализованный на базе лабораторно-стендовой установки «Оберст» (рис. 1.9), базирующийся на стандартах DIN 53440 (DIN EN ISO 6721) [6], ASTM E 756-04 [7] и SAE J1637 [8]. Данный метод позволяет определять количественные значения коэффициента потерь (композитного коэффициента потерь), коэффициента внутренних потерь и комплексного модуля упругости на изгиб образцов различных конструкционных материалов. Согласно методу возможно оценивать эффективность используемых виброшумодемпфирующих материалов (плосколистовых ламинатных покрытий), адгезионно соединенных с несущей металлической или полимерной пластиной, имитирующей, по сути, типичную тонкостенную панель кузова или панель другого узла, подвергаемых процессу виброшумодемпфирования.

При проведении испытаний в качестве составного элемента объекта испытаний изделий автомобильной промышленности, как правило, используется несущая металлическая пластина (сталь 08 кп) размерами 320×20 мм, заданной толщины (0,8 или 1 мм), на которую наклеивается или температурно приплавляется слой исследуемого виброшумодемпфирующего материала (265×20 мм). Аналогичным образом может применяться несущая полимерная пластина, изготовленная из заданного материала с или без нанесенного слоя исследуемого виброшумодемпфирующего вещества. В случаях определения виброшумодемпфирующих характеристик конструкционных материалов, с применением несущих пластин на основе немагнитных материалов для электромагнитного возбуждения изгибных колебаний исследуемого образца, на несущую пластину в области расположения электромагнитного датчика устанавливается малогабаритный легковесный фрагмент стальной пластинки размерами $20 \times 2 \times 0,8$ мм (см. *техническое описание патента РФ на полезную модель RU 57104*).

При проведении испытаний верхний концевой участок несущей пластины 1 с нанесенным образцом виброшумодемпфирующего материала 2 закрепляется в жестком зажиме 3 изолированной с помощью виброизоляторов 4 станины 5, а нижний конец образца остается свободным. Таким образом реализуется консольное закрепление исследуемого образца для последующего процесса динамического возбуждения его изгибных колебаний. Лабораторно-стендовая установка «Оберст» помещается

в климатическую камеру 6 с регулируемыми (задаваемыми) температурными параметрами, что дает возможность проводить испытания и определять значения физических параметров при различных температурах исследуемого образца. Температура контролируется с помощью термопары 7 и цифрового мультиметра 8. Для исключения влияния погрешности определения температуры композитного образца измерение производится непосредственно на поверхности образца несущей тонколистовой пластины 1 в центральной ее части. Возбуждающий сигнал «белый шум» генерируется электромагнитным датчиком 9 в виде переменного электромагнитного поля, которое, взаимодействуя с несущей пластиной 1, создает пропорциональную возбуждающую силу. Поперечная составляющая возбуждающей силы генерирует изгибные колебания несущей пластины 1 с установленным образцом виброшумодемпфирующего материала 2. Виброперемещение несущей пластины 1 как сигнал отклика пластины на динамическое возбуждение измеряется емкостным датчиком перемещений 10 в диапазоне частот 2...400 Гц.

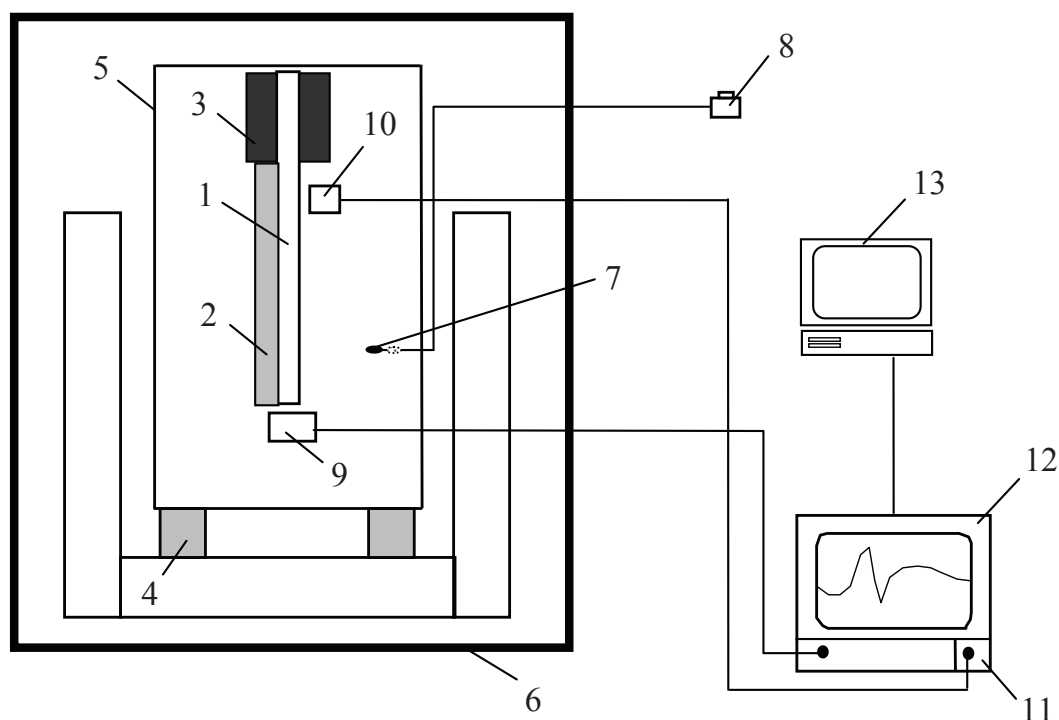


Рис. 1.9. Схема лабораторно-стендовой установки «Оберст»: 1 – несущая пластина; 2 – образец виброшумодемпфирующего материала; 3 – жесткий зажим; 4 – виброизоляторы; 5 – станина; 6 – климатическая камера; 7 – термопара; 8 – цифровой мультиметр; 9 – электромагнитный датчик; 10 – емкостный датчик перемещений; 11 – генератор сигналов; 12 – частотный анализатор; 13 – персональный компьютер со встроенным программным обеспечением

Результатом обработки сигнала является амплитудно-частотная характеристика, содержащая соответствующие резонансные отклики, с использованием которой производится расчет следующих показателей: *композитный коэффициент потерь*, *коэффициент внутренних потерь*, *модуль Юнга*, *модуль потерь*. Коэффициентом *внутренних потерь* β называют коэффициент потерь, определенный для однослойной исследуемой структуры (виброшумодемпфирующего материала), без учета нанесения его на несущую пластину. Если образец (исследуемая структура) состоит из нескольких слоев (включая несущий слой конструкционной пластины в составе исследуемого образца), коэффициент потерь данной структуры называется *композитным коэффициентом потерь* $\eta_{кл}$.

Композитный коэффициент потерь η_k исследуемой структуры определяется по следующей зависимости:

$$\eta_k = \frac{f_2 - f_1}{f_0}, \quad (1.1)$$

где f_c – резонансная частота, Гц; f_1, f_2 – частоты правее и левее резонанса, на которых амплитуда вибраций в 0,707 раза ниже, чем на резонансной частоте, характеризующая снижение уровня вибраций исследуемого образца на 3 дБ.

Модуль Юнга E_m исследуемого виброшумодемпфирующего материала, нанесенного (закрепленного) на несущую пластину, определяется по следующей формуле:

$$E_m = \frac{E_1}{2C^3} \left[(Q - B) + \sqrt{(Q - B)^2 - 4C^2(1 - Q)} \right], \text{ Н/м}^2, \quad (1.2)$$

где E_1 – модуль Юнга несущей пластины, Н/м²; $Q = \left(\frac{f_c}{f_n}\right)^2 \times (1 + DC)$;

$B = 4 + 6C + 4C^2$; $C = \frac{h_m}{h_1}$; $D = \frac{\rho_m}{\rho_1}$; h_m – толщина слоя исследуемого виброшумоде-

мпфирующего материала, м; h_1 – толщина несущей пластины, мм; ρ_m – плотность исследуемого виброшумодемпфирующего материала, кг/м³; ρ_1 – плотность материала несущей пластины, кг/м³.

Коэффициент внутренних потерь β исследуемого образца виброшумодемпфирующего материала, нанесенного (закрепленного) на несущую пластину, определяется по следующей зависимости:

$$\beta = \eta_k \left(\frac{(1 + NC)(1 + 4NC + 6NC^2 + 4NC^3 + N^2C^4)}{NC(3 + 6C + 4C^2 + 2NC^3 + N^2C^4)} \right), \quad (1.3)$$

где η_k – композитный коэффициент потерь исследуемой структуры; $N = \frac{E_m}{E_1}$; $C = \frac{h_m}{h_1}$.

Модуль потерь M определяется следующим образом:

$$M = E_m \times \beta, \quad (1.4)$$

где β – коэффициент внутренних потерь исследуемого образца виброшумодемпфирующего материала.

При анализе виброшумодемпфирующих свойств различных виброшумодемпфирующих и конструкционных материалов определяемые технические параметры (η_k, β, E_m, M) приводятся к базовой (опорной) частоте 200 Гц, регламентируемой стандартом DIN 53440 (DIN EN ISO 6721) [6]. По этой причине получаемые технические параметры носят название *приведенных*. Расчет *приведенного композитного коэффициента потерь* η_k производится с использованием следующей зависимости:

$$\eta_{kn} = \eta_{k2} - \left(\frac{\eta_{k2} - \eta_{k1}}{f_{p2} - f_{p1}} \right) \times (f_{p2} - 200), \quad (1.5)$$

где η_{k1} и η_{k2} – композитные коэффициенты потерь на резонансных частотах левее f_{p1} и правее f_{p1} частоты 200 Гц в замеряемой амплитудно-частотной характеристике (АЧХ).

Аналогичным образом производится расчет других исследуемых параметров виброшумодемпфирующих материалов. Если колебательная система имеет одну степень свободы, то коэффициент потерь η системы определяется по степени демпфирования колебаний на одной резонансной частоте f_0 амплитудно-частотной характеристики, оцениваемой шириной ($f_1 - f_2$) резонансного отклика. Ввиду того что исследуемая система содержит несколько степеней свободы (несколько резонансов), с одной стороны – они характеризуются различными значениями коэффициента потерь,

а с другой — отмечается взаимное влияние близкорасположенных резонансов друг на друга с соответствующим «вырождением» (асимметрией участков подъема и спада амплитудных значений) амплитудно-частотной характеристики системы, что весьма затрудняет как объективное определение, так и корректное толкование величины демпфирования материала. Для того чтобы избежать этих факторов, искажающих объективное определение коэффициента потерь η на каждом из рассматриваемых резонансов, используется соответствующее программное обеспечение «Оберст-мультирезонанс», позволяющее исключить взаимное влияние резонансов амплитудно-частотной характеристики системы и определить действительные значения коэффициентов потерь η системы, характеризуемой каждым индивидуальным резонансом.

1.4. Метод стендовых виброакустических исследований крупногабаритных тонколистовых структур панелей кузова

Для исследования вибрационных и звукоизлучательных характеристик крупногабаритных тонколистовых панелей кузова автомобиля может быть использована лабораторно-стендовая установка «RTC-3» (рис. 1.10), состоящая из двух сообщающихся акустических камер: камеры возбуждения 1 и приемной камеры 2. В верхней части приемной камеры для устранения (эффективного ослабления) собственных резонансов воздушной полости этой камеры установлены шумопоглощающие элементы 3. В верхней части камеры возбуждения 1 находится эластично подвешенная жесткая монтажная рамка 4, к которой по ее периметрической зоне с помощью специального зажима закрепляется образец исследуемой кузовной структуры 5.

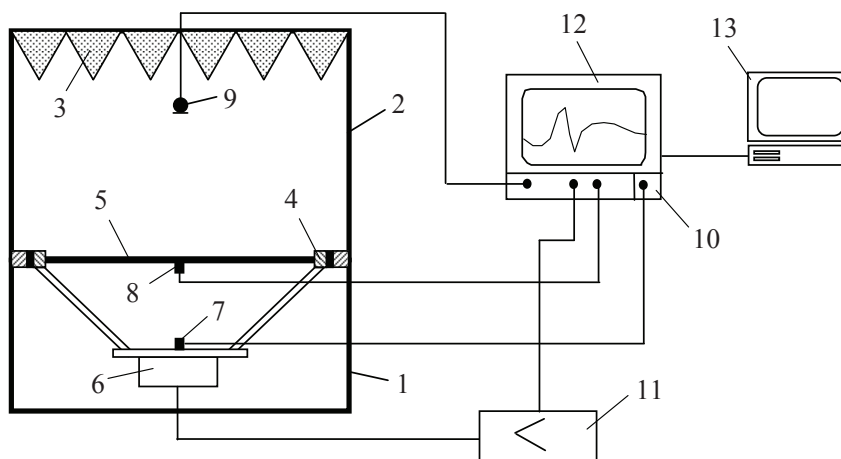


Рис. 1.10. Схема лабораторно-стендовой установки «RTC-3»: 1 — камера возбуждения; 2 — приемная камера; 3 — шумопоглощающие элементы; 4 — жесткая монтажная рамка; 5 — образец исследуемой структуры; 6 — электродинамический вибратор; 7 — датчик силы; 8 — акселерометр; 9 — измерительный микрофон; 10 — генератор сигналов; 11 — усилитель мощности; 12 — частотный анализатор; 13 — компьютер со встроенным программным обеспечением

В качестве объекта испытаний, как правило, используется плоская тонкостенная (толщиной 0,8 или 1 мм) стальная панель размером 495×610 мм с последующим монтажом на ее поверхности образца исследуемого вязкоэластичного виброшумодемпфирующего, армированного виброшумодемпфирующего и/или одно-, многослойного звукоизолирующего материала (фрагмента детали). К нижней части рамки присоединяется шток электродинамического вибратора 6, который сообщает ей силовое вибрационное возбуждение сигналом типа «белый шум», который через монтажную

рамку 4 передается образцу исследуемой структуры 5. Между монтажной рамкой 4 и электродинамическим вибратором 6 устанавливается датчик силы 7, регистрирующий величину возбуждающей силы входного динамического возбуждения. На тыльную поверхность исследуемой структуры устанавливаются акселерометры 8, в верхней части приемной камеры – измерительный микрофон 9, которые регистрируют соответствующие уровни виброускорений и звуковых давлений в виде динамических откликов исследуемой кузовной структуры на приложенное вибрационное возбуждение. Регистрация уровней виброускорений выходного сигнала динамического отклика образца исследуемой структуры производится в диапазоне частот 20...400 Гц, а уровней звуковых давлений – 20...1600 Гц.

Оценка передачи генерируемой вибрационной энергии, подводимой к образцу исследуемой структуры, с преобразованием ее в звукоизлучение производится на основе анализа передаточных функций «сила-вибрация» H_V и «сила-шум» H_N . Передаточная функция «сила-вибрация» H_V определяется отношением уровней виброускорений L_a , замеренных на поверхности исследуемой тонколистовой структуры, к подведенной возбуждающей силе F_g , задаваемой электродинамическим вибратором:

$$H_V = \frac{L_a}{F_g}, \text{ дБ/Н.} \quad (1.6)$$

Передаточная функция «сила-шум» H_N определяется отношением уровней звуковых давлений L_s , замеренных в полости приемной камеры вблизи поверхности исследуемой тонколистовой структуры, к подведенной возбуждающей силе F_g , задаваемой электродинамическим вибратором:

$$H_N = \frac{L_s}{F_g}, \text{ дБ/Н.} \quad (1.7)$$

1.5. Метод исследования термонагруженности виброшумодемпфированных кузовных панелей

Экспериментальные исследования термонагруженности виброшумодемпфированных панелей кузова автомобиля наиболее целесообразно проводить с использованием аэроклиматической трубы, оборудованной динамическим стендом с беговыми барабанами (рис. 1.11). В этом случае возможно устанавливать и стабилизированно поддерживать в широком динамическом диапазоне как задаваемые имитируемые скоростные и нагрузочные режимы движения автомобиля, так и воздействующие на автомобиль внешние климатические условия (температуру и влажность воздуха, температуру дорожного покрытия, уровень солнечной радиации, скорость воздушного обдува автомобиля, конкретный вид и интенсивность атмосферных осадков) [9]. Данный метод имеет очевидные преимущества по отношению к вариантам проведения натуральных испытаний автомобиля в дорожных условиях. Например, в рабочем пространстве аэроклиматической трубы при исследованиях процессов термонагруженности виброшумодемпфируемых панелей кузова легкового автомобиля могут задаваться следующие дискретные значения постоянных температур окружающего воздуха: -10, 0, +10, +20, +30°C (указанные значения диапазона изменения температур примерно соответствует диапазону изменения среднемесячной температуры в средней полосе России -12...+26°C).

Скорость (расходные характеристики) набегающего воздушного потока в аэроклиматической трубе и его температура задаются аналогичными соответствующей скорости движения исследуемого образца легкового автомобиля (например, 50...100 км/ч), установленного на динамометрическом стенде, при температурах окружающего воздуха (например, -10...+30°C).

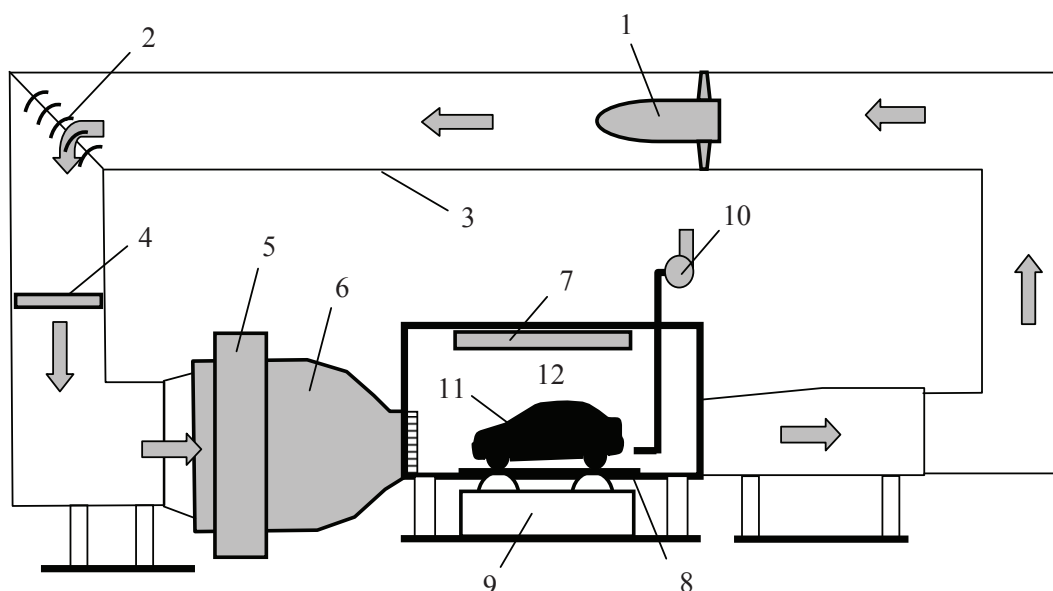


Рис. 1.11. Схема аэроклиматической трубы, используемой при определении задаваемых эксплуатационных температур нагрева (охлаждения) виброшумодемпфируемых панелей кузова автомобиля: 1 – вентилятор; 2 – поворотные лопатки (делители потока); 3 – тракт передачи и рециркуляции воздушного потока; 4 – увлажнитель воздуха; 5 – теплообменник; 6 – рабочее сопло; 7 – устройство имитации солнечной радиации; 8 – устройство имитации теплового излучения от дороги; 9 – динамометрический стенд с беговыми барабанами; 10 – система удаления отработавших газов; 11 – исследуемый образец автомобиля; 12 – рабочая зона

При экспериментальных исследованиях термонагруженности кузовных панелей легковых автомобилей (категорий M_1 , N_1) рекомендуется производить имитацию следующих скоростных и нагрузочных режимов движения автомобиля:

- режим № 1 – интенсивный разгон с полностью открытой дроссельной заслонкой (полная нагрузка двигателя) в диапазоне изменения частоты вращения коленвала двигателя $n_c = 1500 \dots 5000 \text{ мин}^{-1}$ при включенной 3-й передаче КП;
- режимы № 2 и № 3 – постоянная (равномерная) скорость движения автомобиля 60 и 100 км/ч, соответственно на 4-й и 5-й передачах КП, с частичной нагрузкой двигателя;
- режим № 4 – постоянная скорость движения автомобиля 50 км/ч на 2-й передаче КП, с частичной нагрузкой двигателя (близкой к полной), с имитацией 10% подъема в гору.

При задаваемых различных значениях температур окружающего воздуха в рабочей зоне аэроклиматической трубы, равных -10 и 0°C , осуществляется подача воздуха автомобильной отопительно-вентиляционной системой (ОВС) в пространство пассажирского помещения автомобиля в направлении «ноги» на режиме «обогрев», в то время как при температурах окружающего воздуха $+10$, $+20$ и $+30^\circ\text{C}$ – в направлении «лицо» на режиме «охлаждение». При температурах окружающего воздуха в рабочей зоне аэроклиматической трубы $+20$, $+30^\circ\text{C}$ может осуществляться также имитация солнечного излучения задаваемой мощности соответственно $0,7$ и $0,9 \text{ кВт/м}^2$, а также имитация теплового излучения от поверхности дороги, с задаваемой температурой нагрева, соответственно $+40$ и $+50^\circ\text{C}$. При необходимости может проводиться имитация воздействия на автомобиль влажного воздуха путем его пароувлажнения (до задаваемой определенной величины относительной влажности 95%), имитация дождя (максимальной производительностью до 40 л/мин на 1 м^2), имитация снежных осадков (максимальной производительностью до 200 кг/ч).

На рис. 1.12 представлена схема задаваемых внешних температурных и нагрузочных условий при проведении термометрирования виброшумодемпфируемых панелей кузова легкового автомобиля. В скобках указаны динамические диапазоны регулирования и предельные значения технических параметров аэроклиматической трубы. Регистрация температур панелей кузова производится с использованием термопар и многоканальной системы сбора данных. Измерения производятся после предварительного 30-минутного стабилизационного прогрева (охлаждения) панелей кузова внешними температурными полями (обдуваемым потоком воздушной среды, солнечным излучением, тепловым излучением от дороги) и источниками собственного высокотемпературного теплового излучения автомобиля (корпусными элементами двигателя, картерными деталями трансмиссионных агрегатов, радиатором системы охлаждения двигателя, стенками и выхлопными газами системы выпуска отработавших газов двигателя).

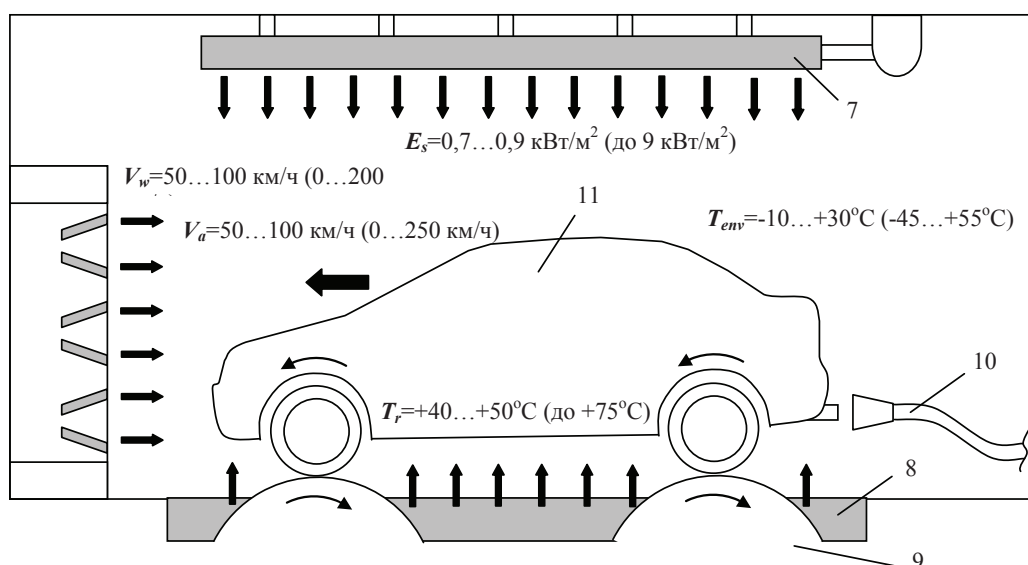


Рис. 1.12. Схема распределения диапазонов задаваемых внешних температурных и нагрузочных условий при проведении термометрирования виброшумодемпфируемых панелей кузова легкового автомобиля: E_s – мощность солнечного теплового излучения; T_r – температура теплового излучения дороги; V_a – имитационная скорость движения автомобиля на беговых барабанах; V_w – скорость набегающего потока воздуха; T_{env} – температура окружающего воздуха; 7 – устройство имитации солнечной радиации; 8 – устройство имитации теплового излучения от дороги; 9 – динамометрический стенд с беговыми барабанами (с независимым разделенным приводом на каждое колесо); 10 – система удаления отработавших газов; 11 – исследуемый образец легкового автомобиля

Зарегистрированные значения температур виброшумодемпфируемых панелей кузова позволяют составить топологическую температурную карту и осуществить последующий подбор наиболее эффективных виброшумодемпфирующих покрытий с приемлемыми (наиболее высокими) значениями коэффициента потерь материалов как на доминирующих температурных эксплуатационных режимах, так и на нормируемых стандартизированных режимах испытаний. По результатам выполненных исследований возможно также исключить использование материалов с неприемлемо низкими эксплуатационными характеристиками, предотвращая их воспламенение, выделение вредных испарений при высокотемпературном разогреве, а также материалов, характеризующихся отслаиванием, оплавлением и/или растрескиванием. С использованием описанного метода, в случае необходимости, в рабочем пространстве аэроклиматической трубы может проводиться имитация различных экстремальных климатических условий (например, жаркого тропического климата или низкотемпературных воздействий Крайнего Севера).

2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВЯЗКОЭЛАСТИЧНЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОНСТРУКЦИЯХ ДЕТАЛЕЙ АТС

В конструкциях кузовов АТС виброшумодемпфирующие материалы применяются преимущественно в виде плоских или предформованных листовых прокладок, адгезионно сопрягаемых (липким клеевым или термоактивным слоем) с встречными поверхностями виброшумоактивных тонколистовых металлических панелей кузова (щитка передка, пола, багажного отделения, лицевых панелей дверей, крыши). Таким образом, образуются ламинатные виброшумодемпфирующие покрытия кузовных панелей. В отдельных случаях виброшумодемпфирующие материалы могут наноситься путем штапелирования, или напыления. На тонколистовые виброшумоактивные полимерные детали интерьера пассажирского салона также могут наноситься описанные выше ламинатные виброшумодемпфирующие покрытия.

Механизмы демпфирования колебаний в упругих средах довольно разнообразны. Они могут быть обусловлены вязким трением (трением между частицами вещества), необратимым микроизменением структуры (поворот и разрушение кристаллов, расщепление волокон), пластическим течением (течением материала), релаксацией (сдвигом по фазе между напряжением и деформацией в результате изменения молекулярной структуры, выравнивания температур между участками структуры с противоположными знаками деформации и т. д.).

В общем виде виброшумодемпфирующие материалы, применяемые в автомобилестроении, классифицируют по структурному составу, количеству слоев и типу адгезионного сопряжения с демпфируемой тонколистовой панелью (рис. 2.1). По своему структурному составу виброшумодемпфирующие материалы делятся на *жесткие, мягкие, армированные, комбинированные* и *материалы с отнесенным вязкоэластичным слоем*.

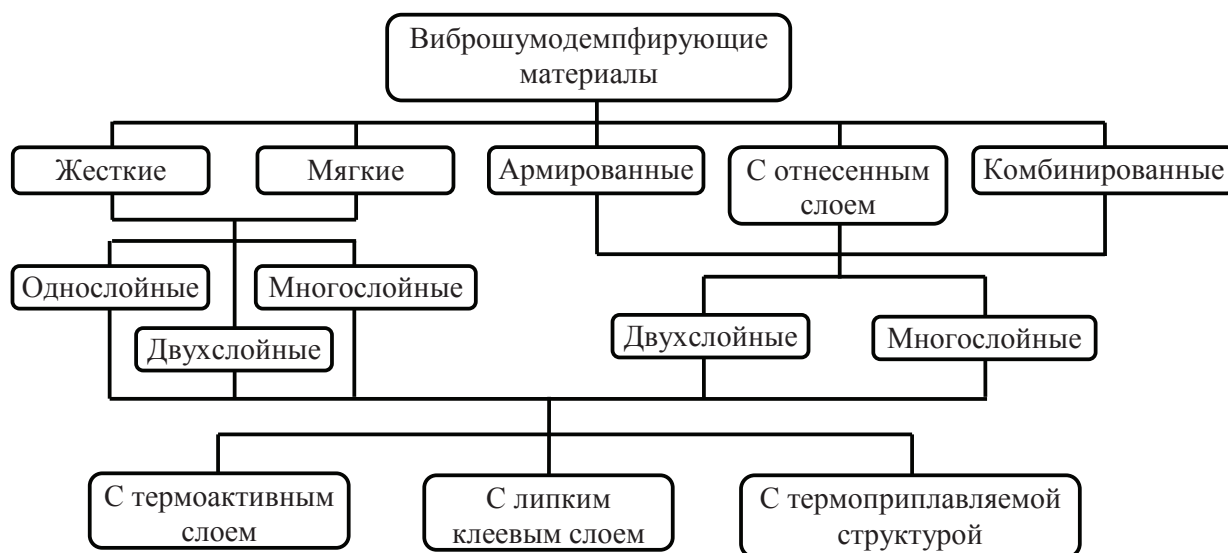


Рис. 2.1. Классификация типов виброшумодемпфирующих материалов, применяемых в конструкциях АТС

По количеству слоев жесткие и мягкие виброшумодемпфирующие материалы подразделяются на *одно-, двух- и многослойные*, а армированные, комбинированные и материалы с отнесенным вязкоэластичным слоем — на *двух- и многослойные*. При классификации многослойных виброшумодемпфирующих материалов учитываются только те слои, которые выполняют непосредственную функцию виброшумодемпфирования

(вязкоэластичный, дополнительный отнесенный вязкоэластичный, увеличивающий момент инерции, армирующий). Входящие в состав виброшумодемпфирующего материала вспомогательные слои (адгезионный, защитный, декоративный и т. д.) при обобщенном классификационном анализе не учитываются.

По типу адгезионного сопряжения с поверхностью демпфируемой тонколистовой панели виброшумодемпфирующие материалы делятся на *самоклеющиеся* (с использованием липкого клеевого слоя), *термоадгезивные* (с использованием дополнительного слоя термоактивного вещества), *термоприплавляемые* (структура виброшумодемпфирующего материала не содержит дополнительного адгезионного слоя).

Наибольшее распространение в автомобилестроении находят следующие типы листовых виброшумодемпфирующих материалов – жесткие однослойные и армированные двухслойные. В последнее время отмечается тенденция применения облегченных виброшумодемпфирующих материалов, имеющих минимальное количество слоев и, соответственно, меньшую стоимость.

Однослойные листовые жесткие виброшумодемпфирующие материалы (рис. 2.2) содержат «рабочий» слой вязкоэластичного материала, как правило, на основе битума или полимерных композиций различного химического состава, с использованием соответствующих наполнителей и связующих компонентов, придающих ему те или иные механические, виброшумодемпфирующие, технологические или другие характеристики. Широкое распространение в качестве основы вязкоэластичных материалов находят углеродные соединения, состоящие из длинных молекулярных цепочек органического происхождения. В такой структуре атомы углерода прочно связаны между собой и образуют разветвления, в которых длинные цепочки могут прочно (или непрочно) соединяться между собой. Динамические деформации таких виброшумодемпфирующих материалов имеют характер растяжения (сжатия) в направлении плоскости покрытия (вибрирующей тонколистовой панели). Как известно [10–12], эффективность вязкоэластичных материалов в существенной степени зависит от температуры и частоты колебаний.

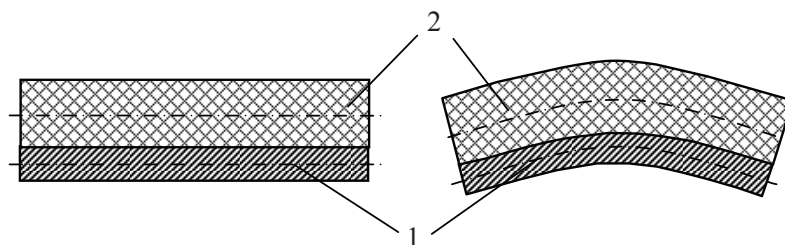


Рис. 2.2. Двухслойная структура с жестким виброшумодемпфирующим покрытием:
1 – демпфируемая тонколистовая панель; 2 – вязкоэластичный ламинатный слой

Двухслойные плосколистовые армированные виброшумодемпфирующие материалы (рис. 2.3) состоят из слоя вязкоэластичного материала и внешнего армирующего слоя. Армирующий слой обладает более высоким значением модуля Юнга (к примеру, для алюминия $E_3 \approx (68...70) \times 10^9$ Н/м²) по сравнению с жестким вязкоэластичным слоем ($E_3 \leq 0,5 \times 10^9$ Н/м²). В качестве армирующего слоя применяют алюминиевую, в редких случаях – стальную фольгу (толщиной 0,08...0,30 мм), использование которой позволяет интенсифицировать сдвиговый механизм динамических деформаций рабочего вязкоэластичного слоя. Тем самым повышается эффективность виброшумодемпфирования, а также в некоторой степени увеличивается суммарная (композитная) динамическая жесткость образованной слоистой структуры. Внешний армирующий слой препятствует свободному перемещению поверхностных волокон вязкоэластичного слоя. При изгибных деформациях панели вязкоэластичный слой армированного

виброшумодемпфирующего покрытия работает на сдвиг с амплитудами, значительно превышающими амплитуды относительных деформаций вязкоэластичного слоя в вариантах без армирующего слоя. Абсолютные потери энергии в этом слое возрастают пропорционально квадрату степени увеличения амплитуд деформаций.

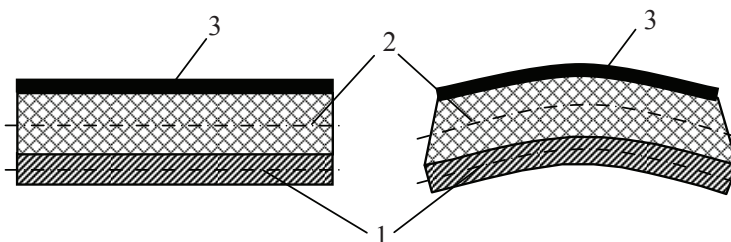


Рис. 2.3. Трехслойная структура с армированным виброшумодемпфирующим покрытием, содержащим вязкоэластичный и армирующий слой:

1 – демпфируемая пластина; 2 – вязкоэластичный слой; 3 – армирующий слой

Мягкие виброшумодемпфирующие материалы практически не применяются в конструкциях современных легковых автомобилей. Это обусловлено их сравнительно большой толщиной при слабой эффективности виброшумодемпфирования низкочастотных колебаний. Процесс виброшумодемпфирования в таких материалах обусловлен динамическими деформациями, вызываемыми упругими волнами сжатия, распространяющимися по толщине материала, по нормали к поверхности демпфируемой пластины, что, по сути, требует использования «толстых» слоев такого виброшумодемпфирующего покрытия.

Типичная иллюстрационная схема применения в современной модели легкового автомобиля ламинатных виброшумодемпфирующих покрытий панелей кузова представлена на рис. 2.4. Необходимость использования тех или иных типов виброшумодемпфирующих материалов определяется как технологическими особенностями изготовления автомобилей, так и реальными эксплуатационными режимами и условиями, которым подвергается демпфируемая тонколистовая панель кузова. В конструкциях кузовов легковых автомобилей виброшумодемпфирующие материалы, как правило, монтируются на панелях моторного отсека, пассажирского салона, багажного отделения, брызговиков передних и задних колес.

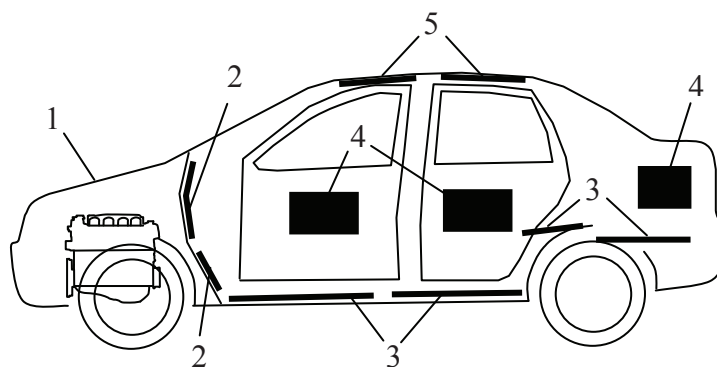


Рис. 2.4. Схема применения в современной модели легкового автомобиля виброшумодемпфирующих материалов: 1 – кузов автомобиля; 2 – армированное виброшумодемпфирующее покрытие щитка передка (смонтированное со стороны пассажирского помещения) с клеевым адгезионным слоем; 3 – жесткие виброшумодемпфирующие покрытия с термоактивным адгезионным слоем; 4 – жесткие виброшумодемпфирующие покрытия с ферромагнитным наполнителем и клеевым адгезионным слоем; 5 – виброшумодемпфирующие покрытия с отнесенным вязкоэластичным слоем и липким клеевым адгезионным слоем

К числу наиболее виброшумоактивных кузовных панелей, нуждающихся в первоочередном эффективном виброшумодемпфировании, относят панели щитка передка, пола (переднего, среднего, заднего), тоннеля пола, панели брызговиков колес, лицевые панели дверей и крыши, панели боковин, панель полки багажника. При технологических операциях монтажа виброшумодемпфирующих прокладок на вертикальных или наклонных поверхностях тонколистовых панелей кузова иногда возникает необходимость придания виброшумодемпфирующим материалам магнитных свойств для обеспечения фиксации их заданного расположения до момента завершения операций термической адгезии. Это осуществляется введением в состав структуры вязкоэластичного слоя мелких частиц материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, — магнитных металлических частиц или ферритного порошка.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАНЖИРОВАНИЯ ПЛОСКОЛИСТОВЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Были исследованы **245 образцов плосколистных виброшумодемпфирующих материалов промышленного и опытно-промышленного производства 24 производителей (из них 9 – отечественных и 15 – зарубежных)**, находящихся широкое применение в автомобильной промышленности. Экспериментальным исследованиям подвергались следующие типы виброшумодемпфирующих материалов: плосколистные жесткие, армированные и виброшумодемпфирующие материалы с отнесенным вязкоэластичным слоем. Виброшумодемпфирующие материалы одного типа отличались между собой толщинами составных слоев, удельным поверхностным весом, химическим и структурным составом, типом клеевых (липких, термоактивных) веществ и т. д. На рис. 3.1 представлены результаты экспериментальных определений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ некоторых марок однослойных плосколистных жестких виброшумодемпфирующих материалов и плосколистных виброшумодемпфирующих материалов с отнесенным вязкоэластичным слоем при температурах +20 и +40°C.

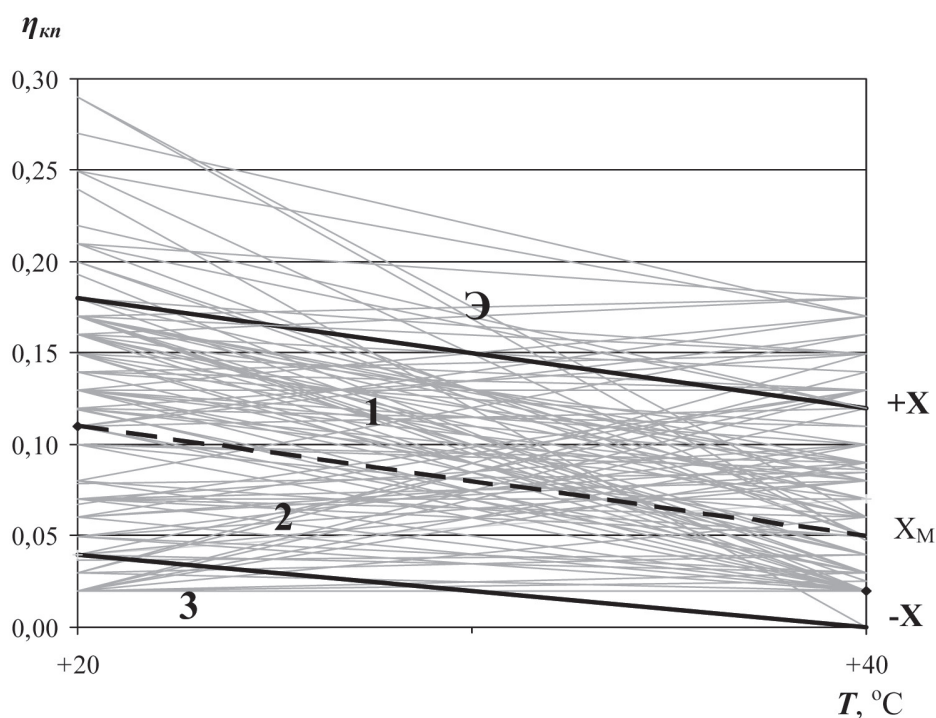


Рис. 3.1. Приведенный композитный коэффициент потерь $\eta_{кп}$ жестких однослойных виброшумодемпфирующих материалов и виброшумодемпфирующих материалов с отнесенным вязкоэластичным слоем

Примечание. Несущая пластина – сталь 08 КП толщиной 1 мм

Из приведенных результатов измерений следует, что средним значением (значением математического ожидания X_M) обладает абстрактный плосколистой виброшумодемпфирующий материал со следующими значениями приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп(M)}$: **0,11** – при температуре +20°C; **0,05** – при температуре +40°C. Значения верхней (+X) и нижней (-X) границ доверительного интервала составили соответственно: **0,18** и **0,04** – при температуре +20°C; **0,12** и **0** – при температуре +40°C.

Аналогичным исследованиям были подвергнуты двухслойные плосколистные армированные виброшумодемпфирующие материалы. Величина приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ определялась в температурном диапазоне

+20...+80°C с шагом 20°C (рис. 3.2), что во многом отражает реальные температурные режимы эксплуатации армированных виброшумодемпфирующих материалов в составе типичных зон поверхностей задемпфированных термонагруженных кузовных панелей легкового автомобиля (щитка передка, переднего пола, арок передних колес, короба воздухопритока, рис. 2.4 [9]).

Из приведенных результатов измерений следует, что средними значениями (X_M) обладает абстрактный двухслойный плосколистовой армированный виброшумодемпфирующий материал со значениями приведенного коэффициента потерь $\eta_{кп(M)}$: **0,17; 0,14; 0,11; 0,08** – в диапазоне температур +20...+80°C (с шагом 20°C). Значения верхней (+X) и нижней (-X) границ доверительного интервала при этом составили соответственно: **0,26** и **0,08** – при температуре +20°C; **0,22** и **0,06** – при температуре +40°C; **0,17** и **0,05** – при температуре +60°C; **0,12** и **0,04** – при температуре +80°C.

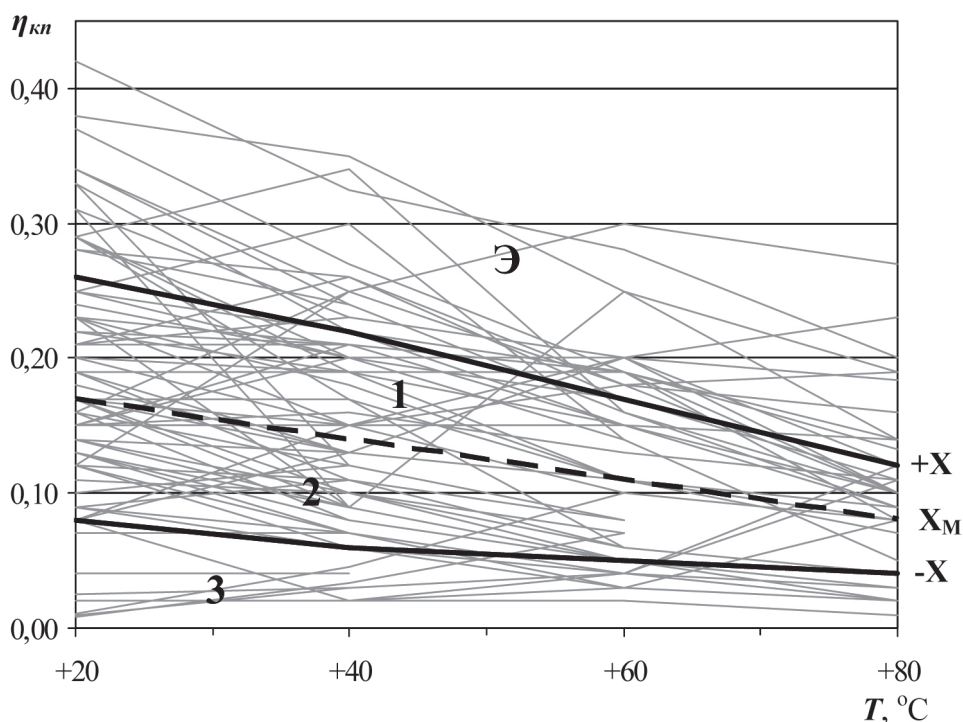


Рис. 3.2. Приведенный композитный коэффициент потерь $\eta_{кп}$ двухслойных плосколистовых армированных виброшумодемпфирующих материалов

Примечание. Несущая пластина – сталь 08 КП толщиной 1 мм

Как следует из представленных результатов, семейство исследованных двухслойных плосколистовых армированных виброшумодемпфирующих материалов характеризуется большей величиной статистической дисперсии и большим разбросом значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ относительно аналогичного параметра исследованных однослойных жестких виброшумодемпфирующих материалов и виброшумодемпфирующих материалов с отнесенным вязкоэластичным слоем. Это косвенно свидетельствует в первую очередь о том, что широкая гамма промышленно производимых двухслойных плосколистовых армированных виброшумодемпфирующих материалов обладает большим разнообразием эффективности виброшумодемпфирования.

Виброшумодемпфирующие материалы «высокой» и «повышенной» эффективности (**категория экстра** и **категория 1**) следует применять для наиболее вибротермонагруженных шумоактивных панелей кузова легкового автомобиля. Материалы, обладающие

более низкой эффективностью (**категории 2 и 3**), необходимо использовать на менее вибротермонагруженных панелях кузова.

В качестве аналитических технических параметров, определяющих достигнутую эффективность виброшумодемпфирующего материала, могут служить соотношения $\eta_{кп}/h_0$ и $\eta_{кп}/C$, характеризующие удельные виброшумодемпфирующие свойства материалов, отнесенные, соответственно, к толщине h_0 и/или к стоимости C единицы площади поверхности демпфирования образца плосколистого виброшумодемпфирующего материала. В каждой из категорий эффективности могут быть отобраны марки материалов, обладающих большей или меньшей эффективностью с точки зрения достижения значений приведенного композитного коэффициента потерь, приходящегося на единицу каждого из удельных параметров (поверхностного веса, толщины и стоимости материала). В конечном итоге этими факторами руководствуются исходя из требуемых конструктивных, технологических, экологических, эксплуатационных и прочих показателей, включая ценовые. Также может быть использован оценочный параметр $\eta_{кп}/m_m$, характеризующий виброшумодемпфирующие свойства материалов, отнесенные к их удельному поверхностному весу. Анализ параметров удельных виброшумодемпфирующих свойств позволяет также характеризовать потенциальные резервы возможного технологического усовершенствования структуры виброшумодемпфирующих материалов.

При выборе той или иной категории эффективности конкретного типа (марки) виброшумодемпфирующего материала следует руководствоваться правилом, по которому выбранный материал должен обладать наиболее высокими виброшумодемпфирующими свойствами на актуальных температурных режимах реальных эксплуатационных условий (или регламентируемых режимах контрольных сертификационных или омологационных испытаний образцов АТС). Для виброшумоактивных панелей кузова, подвергающихся при эксплуатации воздействию (изменению) температур в относительно узком диапазоне, предпочтителен выбор типов (марок) материалов, обладающих наиболее высокой эффективностью виброшумодемпфирования именно в этом узком температурном режиме. При принятии окончательных решений по применению конкретных типов (марок) с заданной эффективностью виброшумодемпфирующих материалов необходимо учитывать достаточность использования той или иной виброакустической и температурной топологической карты кузовных панелей и соответствующих адаптированных схем локализации деталей (прокладок) демпфирования, общего веса прокладок, их технологичности с целью улучшения эксплуатационных и экологических свойств АТС при минимизированной стоимости всего пакета деталей виброшумодемпфирования панелей кузова.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПАНЕЛЕЙ КУЗОВА АТС И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ТИПОВ И МАРОК ПРИМЕНЯЕМЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В конструкциях современных моделей легковых автомобилей широко используются ламинатные виброшумодемпфирующие покрытия, монтируемые в виде отдельных плосколистных прокладок на внутренних поверхностях виброактивных тонколистовых панелей кузова (со стороны пространства салона автомобиля). Кроме динамических вибрационных нагрузок, кузовные панели в процессе эксплуатации легкового автомобиля подвергаются воздействию высокотемпературного нагрева со стороны работающей силовой энергетической установки (двигателя внутреннего сгорания – далее ДВС и трансмиссионных агрегатов) и в особенности от термонагруженных элементов системы выпуска отработавших газов ДВС (рис. 4.1). В летнее время года панели кузова дополнительно подвергаются нагреву, вызываемому тепловым излучением как со стороны поверхности дороги, так и солнечной радиацией, а в зимнее время – низкотемпературному охлаждению под воздействием отрицательных температур окружающей среды (воздуха, дорожно-го покрытия). В то же время эффективность автомобильных виброшумодемпфирующих материалов (плосколистных виброшумодемпфирующих прокладок) в существенной степени определяется их температурным состоянием. Это обусловлено тем, что динамические процессы, сопровождаемые необратимыми внутренними потерями в структуре деформируемого вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующего покрытия, находятся в выраженной функциональной зависимости от температуры и принимают наиболее высокие значения в области переходного физического состояния (между стеклоподобным и резиноподобным), ограниченного относительно узким температурным диапазоном [13–15]. Исходя из этого, при подборе типа (марки) виброшумодемпфирующего материала для демпфирования той или иной панели кузова необходимо учитывать конкретное температурное состояние, возникающее при различных условиях эксплуатации автомобиля. Следовательно, важное значение имеет рациональный подбор различных типов и марок виброшумодемпфирующих материалов, обладающих приемлемой эффективностью демпфирования вибрационной энергии в заданных температурных диапазонах, для обеспечения наиболее эффективного их применения на конкретных панелях (зонах панелей) кузова различного температурного состояния.

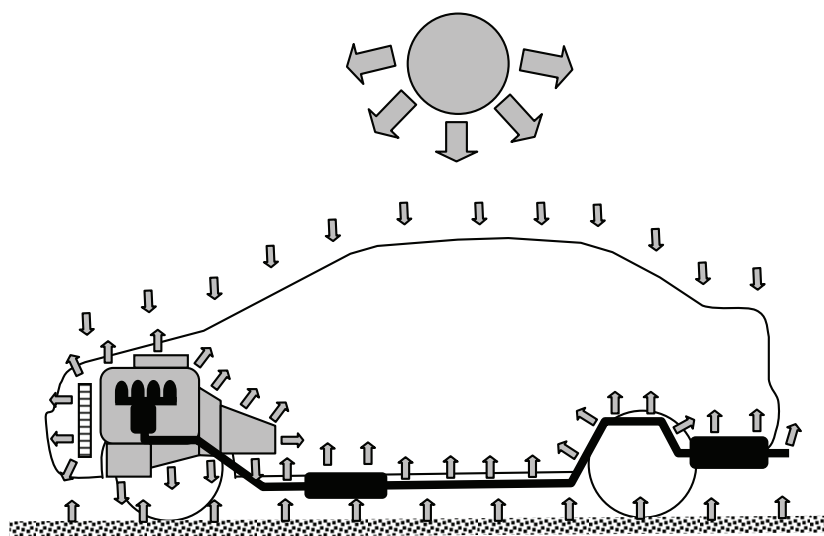


Рис. 4.1. Схематическое распределение основных источников температурного воздействия на панели кузова легкового автомобиля

Определение эксплуатационных температур нагрева (охлаждения) панелей кузова легкового автомобиля проводилось при имитационных испытаниях двух отечественных моделей легковых переднеприводных автомобилей В и С классов с поперечным расположением силового агрегата (ВАЗ-1118 «Калина» и ВАЗ-2170 «Приора»). С этой целью применялась полномасштабная аэроклиматическая труба, оборудованная динамическим стендом с беговыми барабанами [9].

Установка термопар на панелях кузова производилась согласно схеме рис. 4.2: на панелях арок передних колес (1, 3), панели щитка передка (2, 4), панели короба воздухопритока отопительно-вентиляционной системы (5), панели передней и задней частей тоннеля пола (6, 10), панели переднего пола (7, 8), панели среднего пола (9, 11), лицевой панели крыши (12, 13), панели пола под задним сиденьем (14, 15), панели пола багажника (16, 18), панели пола ниши запасного колеса (17), панели арки заднего колеса (19) и панели боковины багажника (20), лицевой панели двери (21).

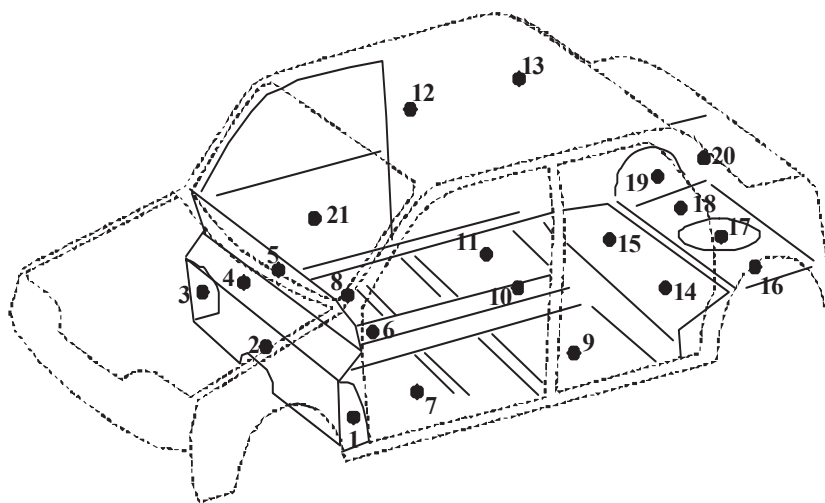


Рис. 4.2. Схема расположения термопар на панелях кузова исследуемых образцов легковых автомобилей

Диапазоны изменения температур панелей кузова исследованных образцов автомобилей (усл. № 1 – ВАЗ-1118 «Калина», усл. № 2 – ВАЗ-2170 «Приора») при одних и тех же стабилизированных внешних температурных воздействиях и идентичных скоростных и нагрузочных режимах работы отличаются незначительно (не более 10°С). Однако на образце автомобиля № 1 отмечены более низкие значения температур панелей задней части тоннеля пола (на 20...30°С) относительно аналогичных панелей образца автомобиля № 2.

Анализ обобщенных результатов температурных исследований, проведенный по двум образцам легковых автомобилей усл. № 1 (ВАЗ-1118 «Калина») и усл. № 2 (ВАЗ-2170 «Приора»), позволяет выделить следующие характерные диапазоны изменения температур панелей кузова:

- +20...+40°С – панели короба воздухопритока (5);
- 10...+40°С – левая зона панели пола под задним сиденьем (14), панели арок передних колес (1, 3), верхняя зона панели щитка передка (4), панели среднего пола (9, 11), панели арок задних колес (19), панели боковин багажного отделения (20);
- 10...+30°С – лицевые панели дверей (21);
- 10...+50°С – лицевая панель крыши (12, 13), панели переднего пола (7, 8), панель ниши запасного колеса (17), панель правой зоны пола под задним сиденьем (15), панель правой зоны пола багажного отделения (18);
- 0...+60°С – задняя часть панелей тоннеля пола (10);

- 0...+70°C – центральная зона панели щитка передка (2);
- +10...+120°C – левая зона панели пола багажного отделения (16);
- +10...+90°C – передняя часть панели тоннеля пола (6).

Включение в программу испытаний имитации теплового излучения, производимого дорожным покрытием, приводит к положительному смещению регистрируемого диапазона эксплуатационных температур панелей передней части тоннеля пола (до 20°C) и левой зоны пола багажного отделения (до 40°C). Также отмечено, что включение в программу испытаний имитации солнечного излучения приводит к положительному смещению регистрируемого диапазона эксплуатационных температур лицевой панели крыши (до 15°C).

Анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных на различных скоростных и нагрузочных режимах имитации движения автомобилей и при различных температурах окружающей среды, выявил следующие особенности распределения температурных полей по поверхностям исследуемых панелей кузова. В частности, было отмечено, что исследуемые панели кузова подразделяются на две обособленные группы:

- **группа 1** – панели, температуры которых практически не зависят от изменения режима имитации движения в исследованных пределах (разница между зарегистрированными значениями составляет не более 8...9°C) и главным образом зависят от задаваемых внешних температур окружающей среды;

- **группа 2** – панели, на изменение температур которых существенное влияние оказывают режимы имитации движения автомобиля (разница между замеренными значениями температур на различных режимах при одинаковой температуре окружающей среды составляет до 60°C).

К панелям группы 1 относятся арки передних колес (1, 3), панели короба воздухопритока (5), лицевая панель крыши (12, 13), панель правой зоны пола под задним сиденьем (15), панель правой зоны пола багажного отделения (18), панели арок задних колес (19), панели боковин багажного отделения (20), лицевые панели дверей (21). На режимах испытаний условий № 1...3 (см. стр. 19) к группе 1 относятся панели переднего (7, 8), среднего (9, 11) пола и ниши запасного колеса (17). В то же время на режиме имитации подъема в гору (режим № 4) данные панели относятся к группе 2, их температуры существенно возрастают (смещаются в сторону положительных температур). К панелям группы 2 (чувствительным к изменению скоростных и нагрузочных режимов движения автомобиля) также относят центральную зону панели щитка передка (2), переднюю и заднюю части тоннеля пола (6, 10), левую зону пола багажного отделения (16).

Исходя из полученных диапазонов изменения эксплуатационных температур панелей кузова и учитывая типичную схему расположения виброшумодемпфирующих прокладок на панелях кузова легковых автомобилей В и С классов (усл. № 1 – ВАЗ-1118 «Калина», усл. № 2 – ВАЗ-2170 «Приора»), была составлена обобщенная (по двум исследованным моделям легковых автомобилей) топологическая карта диапазонов изменения температурных состояний панелей кузова. Указаны рекомендуемые значения приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кл}$ виброшумодемпфирующего материала (непосредственно характеризует степень виброшумодемпфирования панели кузова в усл. ед.) для обеспечения наиболее эффективного виброшумодемпфирования в этих температурных диапазонах (рис. 4.3). В скобках даны диапазоны изменения температур панелей кузова, подлежащих виброшумодемпфирующей обработке. Вне скобок (жирным шрифтом) указаны рекомендуемые значения приведенного коэффициента потерь $\eta_{кл}$ образуемой слоистой композитной структуры «тонколистовая панель – виброшумодемпфирующая прокладка», определенные по методу «Оберст» (см. раздел 1.3). Рекомендуемые эффективные значения приведенного

композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ были определены авторами ранее на основе выполненных статистических экспериментальных исследований и последующего ранжирования категорий эффективности 245 типов и марок отечественных и зарубежных автомобильных плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов [16], а также анализа результатов экспериментальных исследований, представленных, к примеру, в работах [17-21]. В связи с этим они могут рассматриваться в качестве исходных данных в работах по обеспечению эффективного снижения звуковых вибраций тонколистовых панелей кузовов автомобилей В и С классов. .

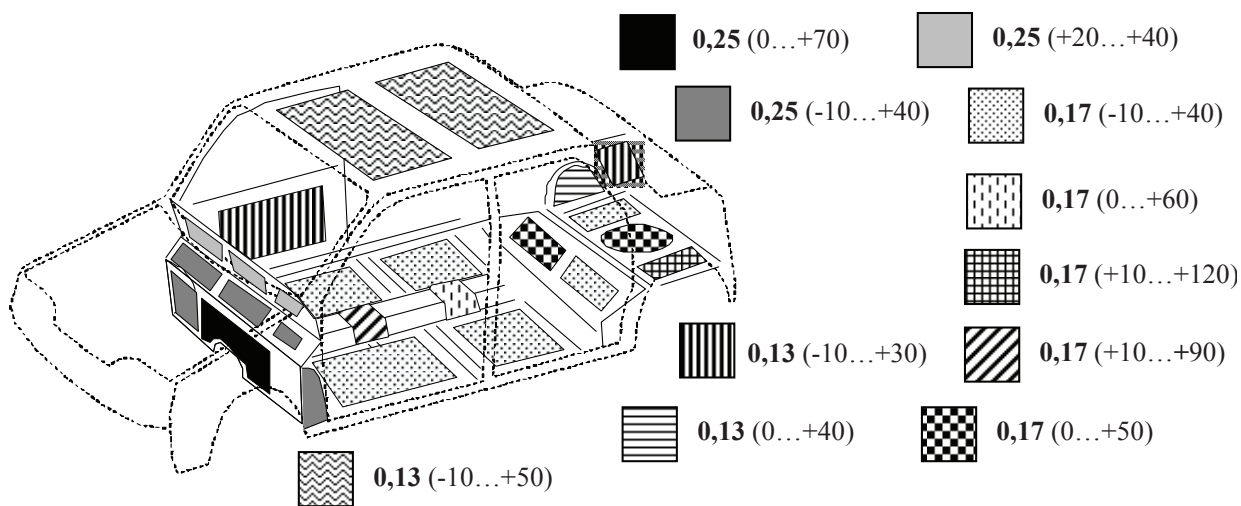


Рис. 4.3. Топологическая карта диапазонов изменения температур (в скобках) панелей кузова и целевых значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок в указанном температурном диапазоне (жирным шрифтом)

Приведенная обобщенная топологическая карта (рис. 4.3) указывает, что рациональным (с учетом типичных диапазонов изменения эксплуатационных температур панелей кузова и рекомендуемых значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$) является использование 10...12 типов (марок) температурно-настроенных (адаптированных) виброшумодемпфирующих материалов. Однако использование на одной модели (комплектации) автомобиля большого числа типов (марок) виброшумодемпфирующих материалов, отличающихся как виброшумодемпфирующими свойствами, так и технологическими особенностями их монтажа и стоимостными показателями, затруднено различными причинами технического и организационного характера. Формально не исключается альтернативный вариант использования одного типа (или малого числа марок) виброшумодемпфирующего материала, обеспечивающего приемлемо высокие значения приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ во всем эксплуатационном диапазоне температур. Технические возможности разработки и производства виброшумодемпфирующих материалов, высокоэффективных в широком температурном диапазоне, перекрывающем эксплуатационный температурный диапазон всего семейства панелей кузова, подлежащих виброшумодемпфированию, являются проблематичными по причине, изложенной в начале раздела. Как было отмечено, они определяются спецификой протекания физических процессов, связанной с относительно узкой температурной зоной состояния переходной фазы вязкоэластичного слоя, в которой реализуется повышенный виброшумодемпфирующий эффект. В связи с этим рационализированная схема виброшумодемпфирования панелей кузова с применением необходимого числа типов и марок виброшумодемпфирующих материалов, адаптированных под конкретизированные

температурные нагрузки каждой из панелей кузова, является перспективной. Для этих целей весьма полезными могут оказаться опубликованные результаты статистических исследований различных типов промышленно производимых плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов, представленные в работе [16]. Известны приемы модификации вязкоэластичных слоев материалов, позволяющие целенаправленно повышать их виброшумодемпфирующую эффективность и расширять температурный диапазон эффективного виброшумодемпфирования. Возможным техническим приемом ослабления негативного температурного воздействия на вязкоэластичные структуры виброшумодемпфирующих покрытий может являться установка на отдельные термонагруженные узлы автомобиля (источники высокотемпературного теплового излучения) эффективных термоизоляционных экранов, позволяющая избежать использования дорогостоящих виброшумодемпфирующих материалов, эффективных в широком температурном диапазоне. Определенные диапазоны изменения эксплуатационных температур панелей кузова должны учитываться при анализе термостойкости и огнестойкости материала виброшумодемпфирующих покрытий, показывающих стойкость материала к образованию пузырей, подтеков, отслаиванию составных слоев, вспучиванию клеевого слоя и исключение возгорания.

На наш взгляд, весьма целесообразным является использование компромиссного подхода, основанного на определении значимости (приоритета) и достигаемого положительного эффекта от использования виброшумодемпфирующих материалов с теми или иными свойствами. При оптимизации пакета виброшумодемпфирования панелей кузова легкового автомобиля всегда должны учитываться удельные оценочные параметры эффективности использования той или иной марки виброшумодемпфирующего материала. К ним, в частности, относятся параметры η_{kn}/ρ , η_{kn}/t , η_{kn}/c , характеризующие удельные виброшумодемпфирующие свойства материала, отнесенные к его удельному поверхностному весу ρ , толщине t или стоимости c единицы площади поверхности образца плоско листового виброшумодемпфирующего материала [16, 29]. В случае адаптивной (по величине диапазона эффективного виброшумодемпфирования) рационализации пакета виброшумодемпфирования в качестве таких удельных параметров, определяющих значимость предлагаемого решения, могут являться D/c_0 и P/c_0 , учитывающие общий временной интервал эксплуатации автомобиля в данном температурном диапазоне D и общий временной интервал эксплуатации автомобиля на данном режиме движения P , отнесенные, соответственно, к возможному увеличению себестоимости автомобиля при внедрении данного решения c_0 . Используя данный подход к адаптивной рационализации пакета виброшумодемпфирования, можно исключать некоторые неактуальные (незначимые) сочетания режимов эксплуатации и температур окружающей среды из рассмотрения ввиду низких удельных параметров значимости или же частично снижать задаваемую целевую величину виброшумодемпфирующей эффективности (приведенного композитного коэффициента потерь η_{kn}). Для других, существенно отличающихся условий эксплуатации (горная местность, жаркий тропический климат, эксплуатация в условиях Крайнего Севера) данная проблема может решаться аналогичным способом с учетом специфических эксплуатационных условий.

Рационализация выбора схемы виброшумодемпфирования панелей кузова с одновременным снижением количества типов (марок) виброшумодемпфирующих материалов подразумевает включение отдельных узких диапазонов изменения температур панелей в более широкие температурные диапазоны, в то время как широкие, имеющие на отдельных режимах низкую значимость, заменяют более узкими. Такой процесс рационализации, направленный на сокращение (унификацию) марок применяемых материалов виброшумодемпфирующих прокладок, способствует в конечном итоге снижению стоимости пакета виброшумодемпфирования. Адаптивно рационализированный

пакет плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок применительно к кузову легкового автомобиля В и С классов (усл. № 1 – ВАЗ-1118 «Калина», усл. № 2 – ВАЗ-2170 «Приора») состоит из 6 марок материалов, обладающих отличающимися техническими характеристиками, представленными в табл. 4.1 и на рис. 4.4.

Таблица 4.1

Условный номер типа материала	Диапазон температур эффективной работы, °С	Рекомендуемая величина $\eta_{кп}$, усл. ед.	Условный номер демпфируемой панели кузова
1	-10...+40	0,25	1, 3, 4
2		0,17	7...9, 11, 14, 15, 17, 18
3		0,13	12, 13, 19, 20, 21
4	0...+80	0,25	2
5		0,17	6, 10, 16
6	+20...+40	0,25	5

Представленные в табл. 4.1 технические требования для выбора эффективных виброшумодемпфирующих материалов являются целевыми ориентирами, к достижению которых необходимо стремиться. Однако возможности использования ограниченного количества типов и марок промышленно производимых виброшумодемпфирующих материалов, как правило, вносят некоторые затруднения в достижение данных целей. Поэтому величина рекомендуемых значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ может в определенных пределах корректироваться для различных температурных режимов. В частности, минимальные величины приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ в температурном диапазоне +10...+40°С (являющемся наиболее типично-используемым при эксплуатации) устанавливаются равными рекомендуемой (целевой) величине. При этом в других температурных диапазонах допускается плавное уменьшение значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ на величину до 20% на выделенных границах температурных диапазонов.

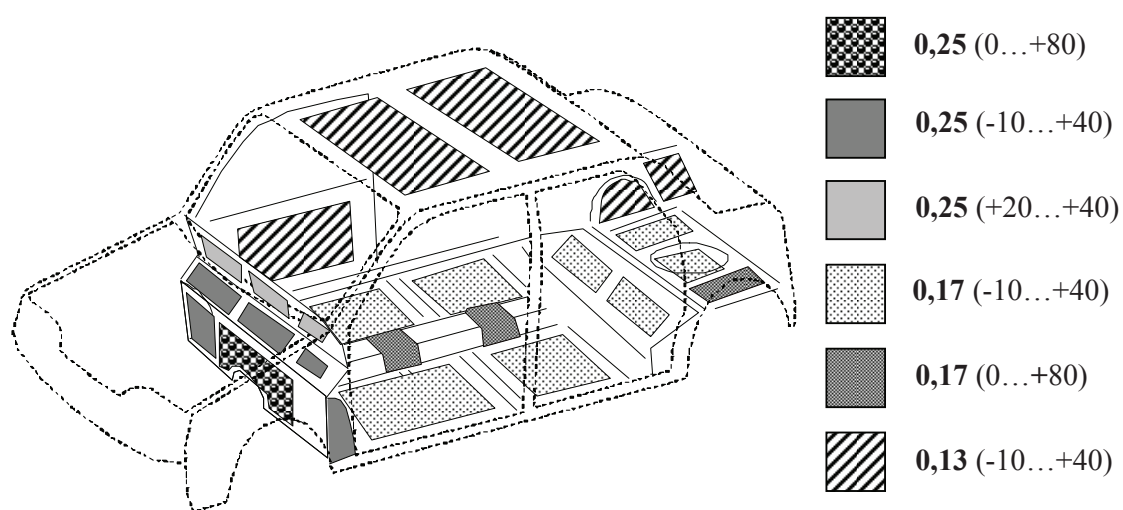


Рис. 4.4. Оптимизированная топологическая карта диапазонов изменения температур (в скобках) панелей кузова автомобиля В и С классов (усл. № 1 – ВАЗ-1118 «Калина», усл. № 2 – ВАЗ-2170 «Приора») и целевых значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ (жирным шрифтом) плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок в указанных температурных диапазонах

В качестве иллюстративных примеров, на рис. 4.5...4.7 представлены характеристики изменения приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ от температурного режима некоторых промышленно производимых автомобильных плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов.

Как следует из анализа результатов, представленных на рис. 4.5...4.7, производимые промышленностью плосколистовые виброшумодемпфирующие материалы могут быть распределены по *типам 1...6* следующим образом:

– *тип 1*: материалы Betadamp 85399 (ф. Gurit-Essex, Швейцария) и Stratokell 200 (ф. Rieter Automotive, Италия) – рекомендуются для демпфирования панелей арок передних колес (1, 3), верхней зоны панели щитка передка (4);

– *тип 2*: материалы VD-25 и DF-3,6 (ЗАО НПФ «Тэхникал Консалтинг», Россия, г. Тольятти), IK 8988 (ф. Rieter Automotive, Италия) – рекомендуются для эффективного демпфирования панелей переднего пола (7, 8), среднего пола (9, 11), панелей пола под задним сиденьем, ниши запасного колеса (17) и правой зоны пола багажного отделения (18);

– *тип 3*: материалы DFF-2,5 (ЗАО НПФ «Тэхникал Консалтинг», Россия, г. Тольятти), IK 8987 (ф. Rieter Automotive, Италия), Визомат ПБ-0,17 (ОАО «Стандартпласт», г. Иваново), Визалис М 150.25 (ООО «Виза», Россия, г. Тольятти), Terophon-5000 (ф. Henkel-Teroson GmbH, Германия) – рекомендуются для демпфирования лицевой панели крыши (12, 13), панелей арок задних колес (19), панелей боковин багажника (20), лицевой панели двери (21);

– *тип 4*: материалы DF-10 AL и ViAm 102/0,24/ТК (ЗАО НПФ «Тэхникал Консалтинг», Россия, г. Тольятти) – рекомендуются для демпфирования панелей щитка передка в центральной зоне (2);

– *тип 5*: материалы ViAm 102/0,10/ТК (ЗАО НПФ «Тэхникал Консалтинг», Россия, г. Тольятти), IK 7618 (ф. Rieter Automotive, Италия), Визомат МП-Н/Т (ОАО «Стандартпласт», г. Иваново) – рекомендуются для демпфирования передней и задней частей тоннеля пола (6, 10), левой зоны панели пола багажного отделения (16);

– *тип 6*: материалы ViAm 138/0,15/RA (ЗАО НПФ «Тэхникал Консалтинг», Россия, г. Тольятти), IK 9079 (ф. Rieter Automotive, Италия), Битал-150 (ОАО «БРТ», Россия, г. Тольятти) – рекомендуются для демпфирования панели корпуса воздухопритока (5).

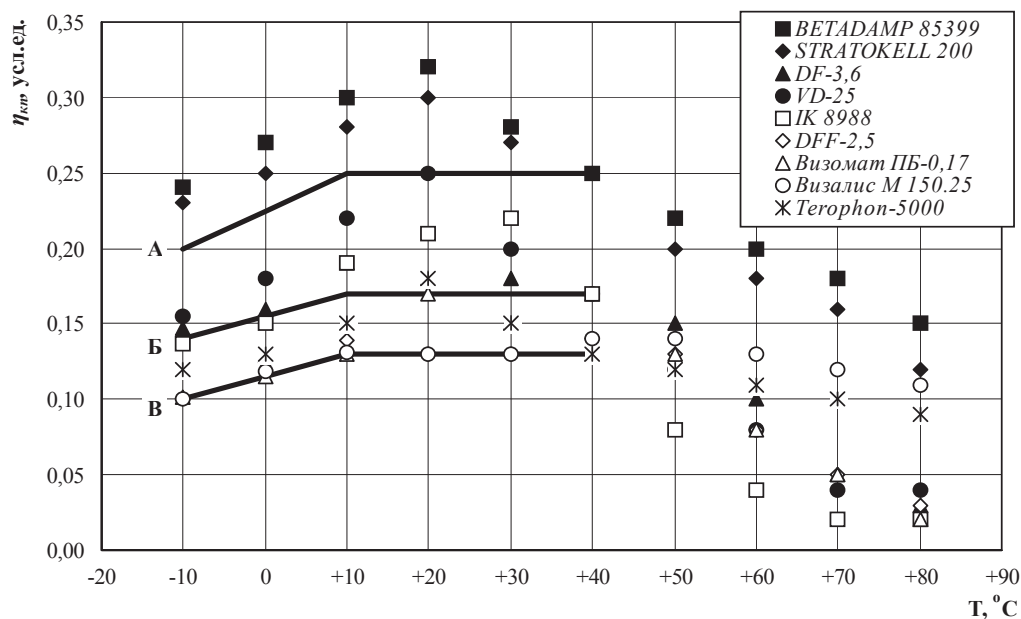


Рис. 4.5. Приведенный композитный коэффициент потерь $\eta_{кп}$ виброшумодемпфирующих материалов типов 1...3

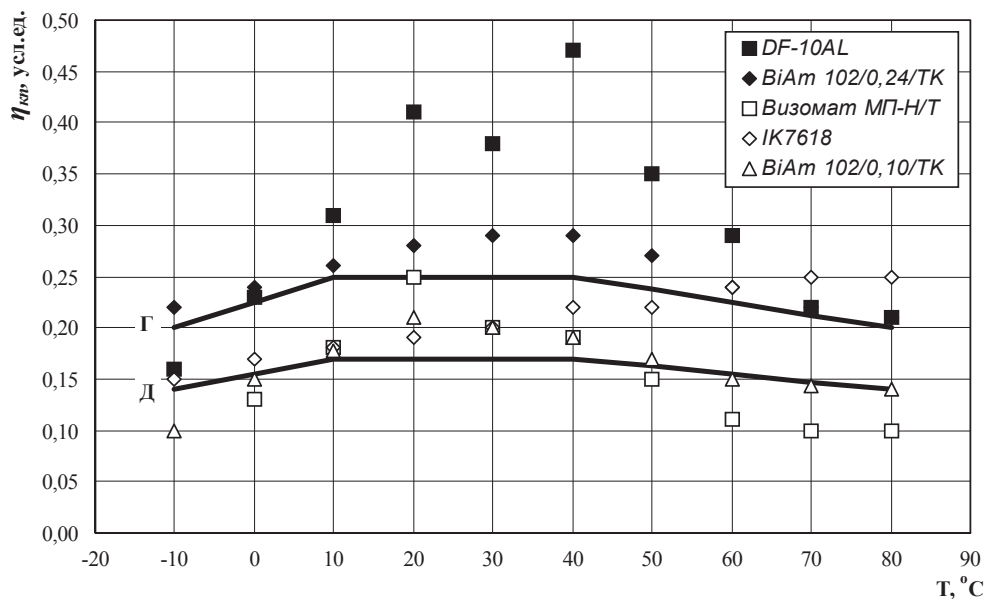


Рис. 4.6. Приведенный композитный коэффициент потерь η_{kn} виброшумодемпфирующих материалов типов 4, 5: А, Б, В, Г, Д – целевые значения величин приведенного композитного коэффициента потерь η_{kn} (не менее) для материалов типов 1...5

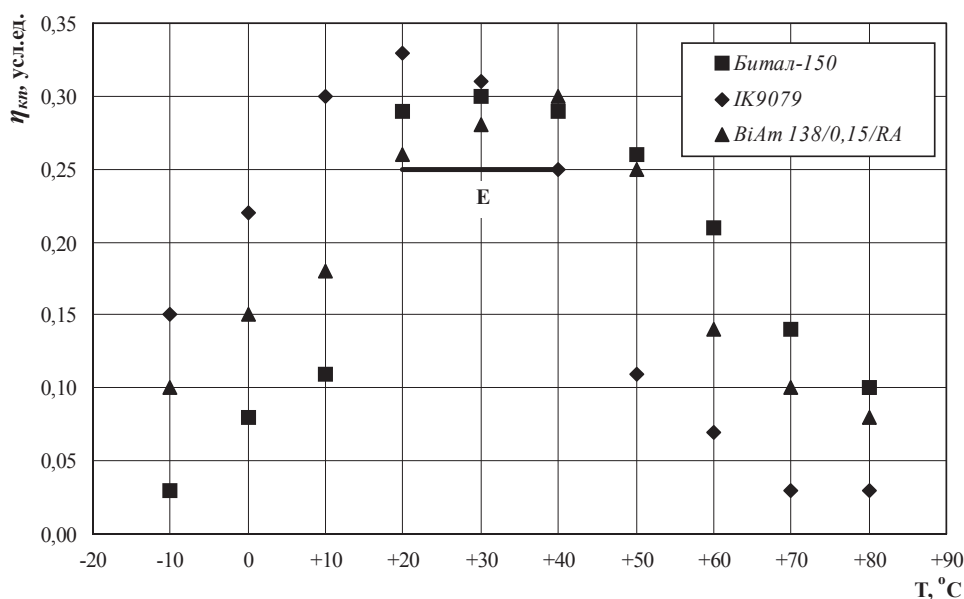


Рис. 4.7. Приведенный композитный коэффициент потерь η_{kn} виброшумодемпфирующих материалов типа 6: Е – целевые значения величин приведенного композитного коэффициента потерь η_{kn} (не менее) для материалов типа 6

Схема принятых значений приведенного композитного коэффициента потерь η_{kn} , ранжированных по категориям эффективности промышленно производимых плоско-листовых виброшумодемпфирующих покрытий, сопоставленная с целевыми требованиями аналогичного показателя, определенного при адаптивной рационализации, представлена на рис. 4.8. По всей видимости, результаты ранжирования эффективности виброшумодемпфирующих материалов целесообразно дополнять накапливающимися статистическими результатами определения показателя «приведенный композитный коэффициент потерь» η_{kn} в температурном диапазоне $-10...+10^{\circ}\text{C}$.

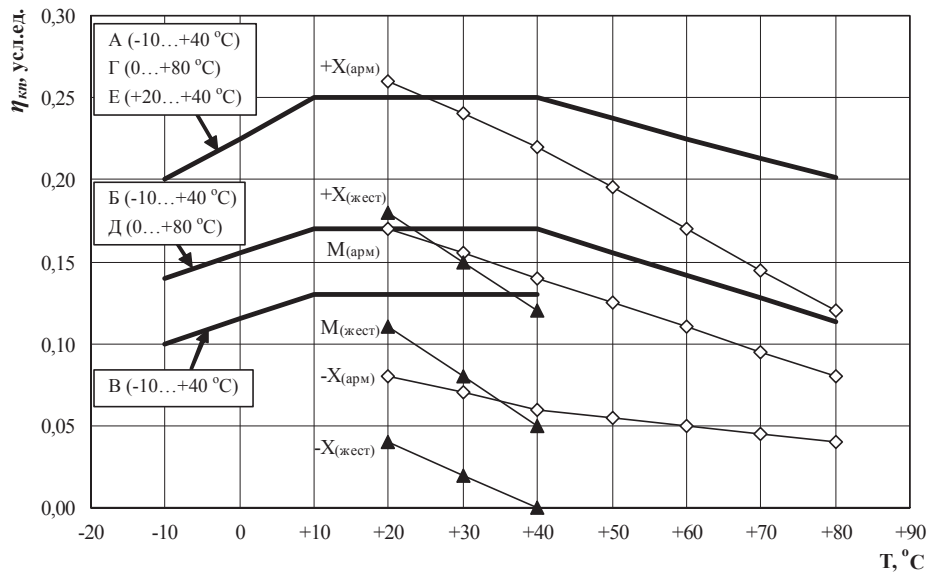


Рис. 4.8. Сравнение целевых требований к виброшумодемпфирующим покрытиям, определенных при температурной рационализации, и установленных категорий их эффективности: А, Б, В, Г, Д, Е – целевые значения приведенного композитного коэффициента потерь (не менее) для материалов типов 1...6; параметры +X, М, -X – соответственно верхняя граница доверительного интервала, математическое ожидание, нижняя граница доверительного интервала, регламентирующие наименьшие значения приведенного композитного коэффициента потерь для категорий эффективности виброшумодемпфирующих материалов Э, 1 и 2 (с индексом (арм) – для армированных виброшумодемпфирующих материалов, индекс (жест) – для жестких виброшумодемпфирующих материалов)

Необходимо отметить, что адаптивная рационализация пакета виброшумодемпфирования должна проводиться с использованием технологии наложения (сопоставления) топологических карт температурного распределения по поверхности исследуемых панелей кузова на топологические карты распределения оценочных физических параметров виброакустических полей данных панелей. К примеру, эта технологическая процедура может быть реализована с сопутствующим использованием STSF-технологии локализации и модификации источников излучения звуковой энергии (STSF – Spatial Transformation of Sound Fields) [19...21].

По результатам выполненного термометрирования панелей кузова может быть произведена также весовая и стоимостная оптимизация виброшумодемпфирующих покрытий на основе сохранения условия эквивалентности эффектов виброшумодемпфирования (см. выражения 4.1, 4.2 и рис. 4.9).

Эквивалентная по суммарной стоимости (C_{Σ}) замена крупногабаритных виброшумодемпфирующих прокладок панелей кузова (удельной стоимостью $C_{кр}$), обладающих относительно низкими значениями $\eta_{кп}$, $\Delta T_{эф}$ и $C_{кр}$, подразумевает применение малогабаритных прокладок, изготовленных из материалов с более высокими значениями параметров $\eta_{кп}$, $\Delta T_{эф}$ и более высокой удельной стоимостью $C_{мл}$ с сохранением координатных зон их установки на панели кузова (например, совмещением геометрического центра прокладки с зоной пучности колебаний кузовной панели). Условие стоимостной эквивалентности при этом может быть записано следующим образом:

$$\frac{\eta_{кп(кр)} \times S_{кр} \times \Delta T_{эф(кр)}}{\eta_{кп(мл)} \times S_{мл} \times \Delta T_{эф(мл)}} \leq 1, \quad (4.1)$$

где $\eta_{кп(кр)}$, $\eta_{кп(мл)}$ – приведенный композитный коэффициент потерь используемых материалов крупногабаритной и малогабаритной виброшумодемпфирующих прокладок;

$S_{кр}$, $S_{мл}$ – площадь крупногабаритной и малогабаритной виброшумодемпфирующих прокладок; $\Delta T_{эф(кр)}$, $\Delta T_{эф(мл)}$ – температурный диапазон эффективного виброшумодемпфирования материалов крупногабаритной и малогабаритной виброшумодемпфирующих прокладок. Тогда площадь «эквивалентной» малогабаритной виброшумодемпфирующей прокладки может быть выражена следующим образом:

$$S_{мл} \leq \frac{\eta_{кп(кр)} \times S_{кр} \times \Delta T_{эф(кр)}}{\eta_{кп(мл)} \times \Delta T_{эф(мл)}}. \quad (4.2)$$

Выражение (4.1) может быть также трансформировано (выражено) через условия эквивалентности других параметров, например удельного поверхностного веса или толщины.

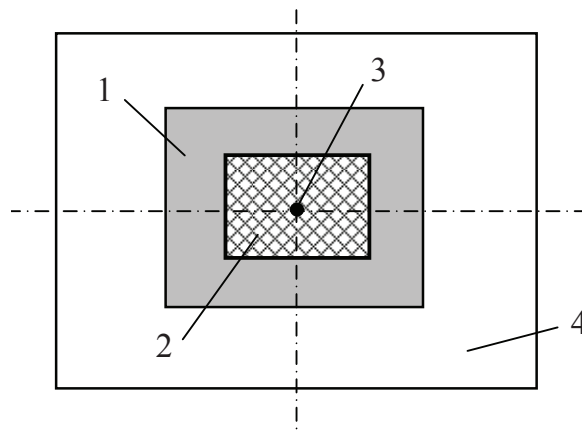


Рис. 4.9. Схема размещения рационализированного виброшумодемпфирующего покрытия на панели кузова с соблюдением условия эквивалентности:

- 1 – крупногабаритная виброшумодемпфирующая прокладка; 2 – «эквивалентная» малогабаритная виброшумодемпфирующая прокладка; 3 – геометрический центр виброшумодемпфирующей прокладки; 4 – панель кузова

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, с точки зрения повышения виброакустического комфорта в салоне автомобиля использование в пакете виброшумодемпфирования легковых автомобилей 2...3 типов материалов (как это зачастую имеет место в серийных конструкциях легковых автомобилей), как правило, не является рациональным. Это вызвано прежде всего слабым учетом реальных эксплуатационных температур панелей кузова автомобиля, изменяющихся в достаточно широком диапазоне, не перекрываемом узкотемпературными эффективными значениями приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ материалов при малом числе типов (марок) недостаточно эффективных виброшумодемпфирующих прокладок.

Использование представленных результатов исследований и предлагаемого приема по адаптированной температурной рационализации пакета виброшумодемпфирования кузовных панелей, учитывающих топологию их эксплуатационных температур, позволяет не только улучшать виброакустический комфорт в салоне легкового автомобиля путем подбора соответствующих «температурно настроенных» марок плоскостовых виброшумодемпфирующих материалов, но и в отдельных случаях достигать экономической выгоды за счет унификации (сокращения типов и марок материалов) или исключения неоправданно малого использования разновидностей (типов, марок) дорогостоящих «широтемпературных» виброшумодемпфирующих материалов.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ТИПОВ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Расчетно-экспериментальные исследования виброакустических характеристик перфорированных вязкоэластичных структур виброшумодемпфирующих покрытий

Проведенные экспериментальные и расчетно-экспериментальные исследования иллюстрируют, что эффективным приемом улучшения виброакустических свойств конструкций машин может являться использование перфорированных структур виброшумодемпфирующих покрытий (как вязкоэластичного, так и армирующего слоя в виброшумодемпфирующих материалах) [28...31, 40, 41]. Степень перфорации составного структурного слоя виброшумодемпфирующего материала характеризуется параметром «коэффициент перфорации» $k_{пер(вд)}$, определяемым согласно выражению

$$k_{пер(вд)} = \frac{S_{пер(вд)}}{S_{пок(вд)}}, \quad (5.1)$$

где $S_{пер(вд)}$ – суммарная площадь проекции отверстий перфорации на плоскость поверхности виброшумодемпфирующего покрытия, м²; $S_{пок(вд)}$ – площадь лицевой проекции поверхности неперфорированного виброшумодемпфирующего покрытия, м².

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на лабораторно-стендовой установке «RTC-3», позволили определить, что использование сквозного перфорирования жестких однослойных и армированных двухслойных (рис. 5.1) виброшумодемпфирующих покрытий, смонтированных на несущей стальной пластине толщиной 1 мм, приводит к увеличению численных значений частот собственных колебаний композитных структур и снижению амплитуд передаточной функции «сила-вибрация» H_v демпфируемой композитной панели.

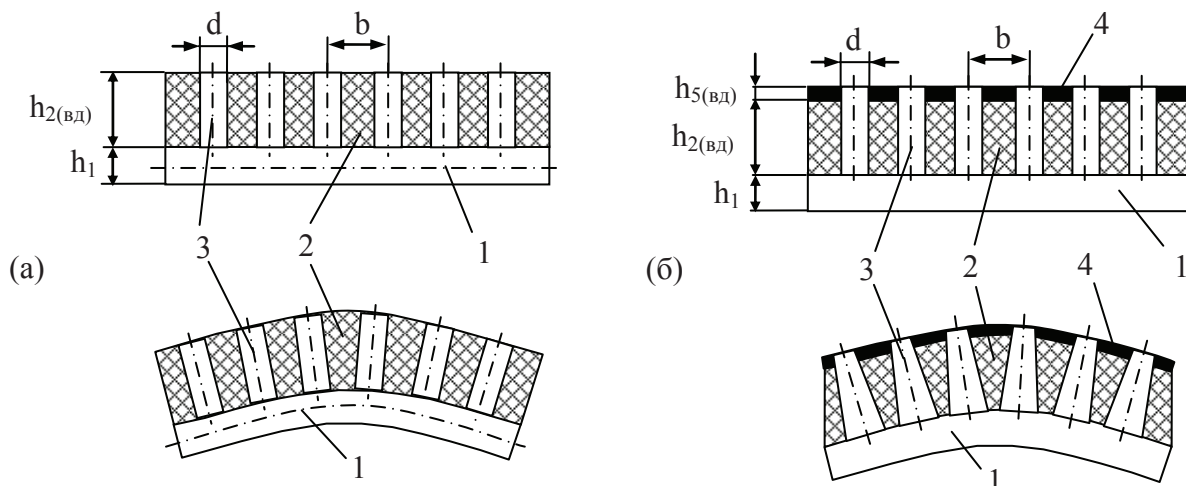


Рис. 5.1. Композитные ламинатные пластинчатые структуры в составе с перфорированным жестким однослойным (а) и перфорированным армированным двухслойным (б) виброшумодемпфирующим покрытием в недеформированном и деформированном состояниях: 1 – демпфируемая несущая стальная панель; 2 – вязкоэластичный демпфирующий слой; 3 – отверстия перфорации; 4 – армирующий слой; h_1 – толщина демпфируемой панели; $h_{2(вд)}$ – толщина вязкоэластичного демпфирующего слоя; $h_{5(вд)}$ – толщина армирующего слоя; d – диаметр отверстий перфорации; b – межцентровой шаг отверстий перфорации

В частности, из результатов исследований, представленных на рис. 5.2, следует, что при вибрационном возбуждении композитной структуры, состоящей из тонколистовой металлической пластины, ламинированной слоем неперфорированного жесткого однослойного виброшумодемпфирующего покрытия (материала типа ISO-5), регистрируются 5 динамических откликов на собственных (резонансных) частотах колебаний 71, 102, 155, 222, 253 Гц.

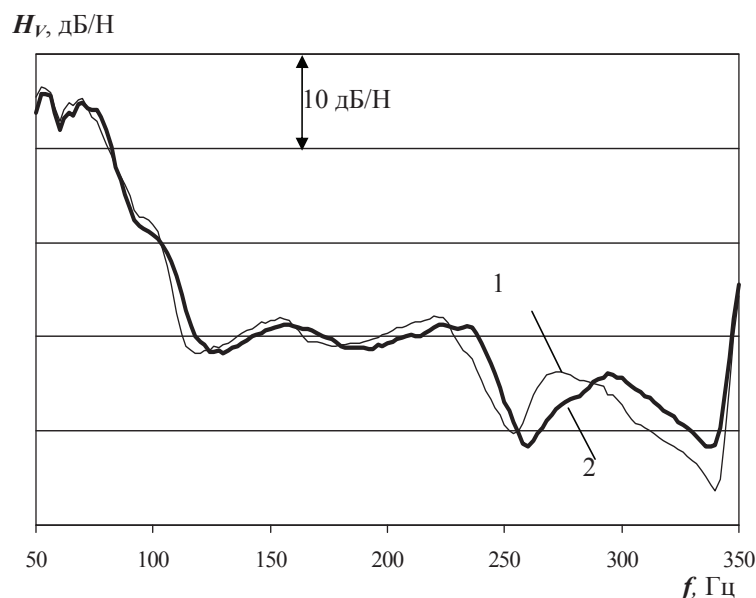


Рис. 5.2. Передаточная функция «сила-вибрация» H_v композитной структуры, включающей стальную несущую тонколистовую панель с нанесенным на ее поверхности жестким однослойным виброшумодемпфирующим покрытием (материал ISO-5):
1, 2 – передаточная функция «сила-вибрация» H_v композитной структуры, включающей стальную тонколистовую несущую панель с неперфорированным и перфорированным ($k_{пер(ед)} = 0,11$) жестким однослойным виброшумодемпфирующим покрытием

Перфорирование ($k_{пер(ед)} = 0,11$) жесткого однослойного виброшумодемпфирующего покрытия в составе исследуемой композитной структуры приводит к увеличению численных значений частот собственных колебаний (на $\Delta f = 8...27$ Гц) до значений 79, 110, 165, 240, 280 Гц. Увеличение частот колебаний вызвано уменьшением массы колеблющейся перфорированной структуры за счет соответствующего удаления виброшумодемпфирующего вещества процессом перфорирования. Одновременно с этим отмечено и снижение амплитуд передаточной функции «сила-вибрация» H_v на 2,1...4,4 дБ/Н на отмеченных частотах собственных колебаний, свидетельствующее об уменьшении вибрационной возбудимости исследуемой структуры (см. также техническое описание патента РФ на изобретение RU 2333545).

Экспериментальные исследования композитной структуры, состоящей из тонколистовой несущей стальной пластины с нанесенным на ее поверхности неперфорированным двухслойным армированным виброшумодемпфирующим покрытием типа DF-5AL (рис. 5.3), позволили определить динамические отклики на следующих частотах колебаний (низших собственных модах) – 95, 120, 185, 245, 318 Гц.

Последующее сквозное перфорирование ($k_{пер(ед)} = 0,11$) двухслойного армированного виброшумодемпфирующего покрытия в составе указанной композитной структуры позволило дополнительно повысить значения низших собственных мод изгибных колебаний на $\Delta f = 10...30$ Гц (значения которых составили 105, 138, 185, 250, 348 Гц). Одновременно зафиксировано и снижение амплитуд передаточной функции H_v на отмеченных частотах собственных колебаний на 1,0...4,0 дБ (в 1,12...1,59 раза). Приведенные

результаты исследований указывают на дополнительную интенсификацию виброшумодемпфирующих процессов, протекающих в двухслойной армированной виброшумодемпфирующей структуре при ее рациональном перфорировании (при меньшей массе применяемого виброшумодемпфирующего вещества вязкоэластичного слоя).

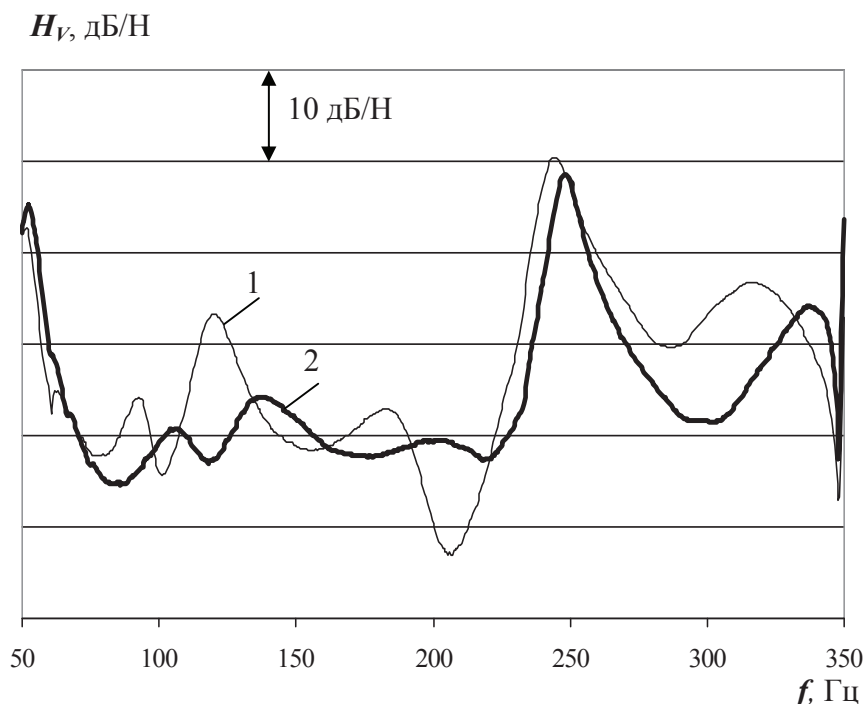


Рис. 5.3. Передаточная функция «сила-вибрация» H_v композитной структуры, включающей несущую стальную тонколистовую панель со смонтированным на ее поверхности армированным двухслойным виброшумодемпфирующим покрытием (материал DF-5AL): 1, 2 – передаточная функция «сила-вибрация» H_v композитной структуры, включающей стальную тонколистовую панель с неперфорированным и перфорированным ($k_{пер(од)} = 0,11$) армированным двухслойным виброшумодемпфирующим покрытием

Для определения эффективного диапазона значений *коэффициента перфорации* $k_{пер(од)}$ двухслойного армированного виброшумодемпфирующего покрытия в составе исследуемой композитной структуры в рабочем эксплуатационном диапазоне температур (+20...+80°C) были проведены экспериментальные исследования физических параметров этих композитных структур на лабораторно-стендовой установке «Оберст». Исследованиям подвергались шесть типов (марок) серийных (промышленно производимых) двухслойных армированных виброшумодемпфирующих покрытий российских и зарубежных производителей, используемых в автомобильной промышленности. Исследуемые марки материалов отличались толщинами вязкоэластичного и армирующего слоев, удельными плотностями, химическим и структурным составом вязкоэластичного слоя, типом клеевого (термоактивного) адгезионного вещества, нанесенного на поверхности промежуточного и монтажного слоев. Таким образом, данному исследовательскому процессу подвергалась достаточно широкая гамма промышленно производимых типов разнородных материалов армированных двухслойных виброшумодемпфирующих покрытий, что по результатам экспериментальных исследований позволяет обобщить и обоснованно распространить полученные зависимости на данную категорию ламинатных виброшумодемпфирующих покрытий. Марки исследованных материалов имеют условные буквенные обозначения А...F, содержащие индекс, указывающий толщину армирующего слоя в мм.

Результаты экспериментальных исследований таких трехслойных композитных структур (несущая стальная пластина – вязкоэластичный слой – армирующий слой) свидетельствуют, что использование двухслойного плосколистого армированного виброшумодемпфирующего материала со сквозной перфорацией вязкоэластичного и армирующего слоев позволяет увеличить величину *композитного коэффициента потерь* $\eta_{кн}$ такой структуры в более широком эксплуатационном температурном диапазоне при одновременном снижении веса виброшумодемпфирующего материала на величину до 25%. При использовании двухслойного плосколистого армированного виброшумодемпфирующего материала с перфорированной структурой только вязкоэластичного слоя (с сохранением сплошного неперфорированного армирующего слоя) величину композитного коэффициента потерь $\eta_{кн}$ удастся выдержать на уровне, достигаемом композитной структурой с неперфорированным армированным виброшумодемпфирующим материалом. Одновременно с этим обеспечивается снижение массы вещества вязкоэластичного слоя до 40%. Как армирующий, так и вязкоэластичные слои плосколистого армированного двухслойного виброшумодемпфирующего материала должны характеризоваться определенными пределами значений физических параметров, обеспечивающих повышенный эффект виброшумодемпфирования.

Из результатов, представленных на рис. 5.4, следует, что при перфорировании вязкоэластичного слоя (армирующий слой неперфорирован) образца армированного двухслойного виброшумодемпфирующего материала E200 (на рисунке обозначен как E200-A) изменение значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кн}$ происходит не более чем на 0,02 в диапазоне изменения значений коэффициента перфорации $k_{пер(вд)} = 0,05...0,40$ и диапазоне изменения рабочих температур +20...+80°C. Следовательно, возможно сохранить величину достигнутого значения приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кн}$ при существенном (до 40%) уменьшении массы вещества вязкоэластичного слоя, обеспечивая в конечном итоге снижение веса и стоимости армированного двухслойного виброшумодемпфирующего покрытия.

При вариантах сквозного перфорирования армирующего и вязкоэластичного слоев происходит более существенное изменение значений *приведенного коэффициента потерь* $\eta_{кн}$ (рис. 5.4). Отмечены выраженные диапазоны изменения *коэффициента перфорации* $k_{пер(вд)}$ как с повышенными и/или слабоизменяющимися, так и пониженными значениями приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кн}$ в диапазоне изменения рабочих температур +20...+80°C. Увеличение или незначительное падение величин *приведенного композитного коэффициента потерь* $\eta_{кн}$ наблюдается преимущественно в диапазоне изменения *коэффициента перфорации* $k_{пер(вд)} = 0,5...0,25$. В диапазоне изменения коэффициента перфорации $k_{пер} = 0,30...0,40$ при рабочих температурах +20...+80°C наблюдается более существенное падение значений *приведенного композитного коэффициента потерь* $\eta_{кн}$ для подавляющего большинства исследуемых материалов (A...F). В ряде случаев, тем не менее, такие ослабления виброшумодемпфирующих свойств могут считаться приемлемыми с учетом достигаемого существенного улучшения весовых, стоимостных и/или технологических свойств структурированных виброшумодемпфирующих покрытий.

Из результатов экспериментальных исследований, представленных на рис. 5.5, следует, что при изменении рабочих температур от +20 до +80°C, происходит резкое снижение величин модуля потерь M_2 варианта неперфорированного вязкоэластичного слоя плосколистого армированного двухслойного виброшумодемпфирующего материала в диапазоне от $0,62 \times 10^9$ Н/м² до $0,1 \times 10^3$ Н/м². Из сопоставления результатов исследований, представленных на рис. 5.5 и 5.6, следует, что наибольшее увеличение виброшумодемпфирующей эффективности плосколистных армированных двухслойных виброшумодемпфирующих материалов наблюдается при значениях *модуля потерь* M_2 варианта материала с неперфорированным вязкоэластичным слоем.

В температурной области $+20\dots+80^{\circ}\text{C}$ он достигает величин, превышающих значения ограниченных выражением $M_{2pr} = (10^2 - 1,5 \times [(T) - 20]) \times 10^6, \text{ Н/м}^2$. Данные результаты позволяют осуществлять подбор марки материала, обладающего необходимым значением модуля потерь вязкоэластичного слоя M_2 , для обеспечения заявляемых эффектов улучшения виброшумодемпфирующих свойств двухслойных перфорированных армированных виброшумодемпфирующих покрытий (после технологической операции перфорирования).

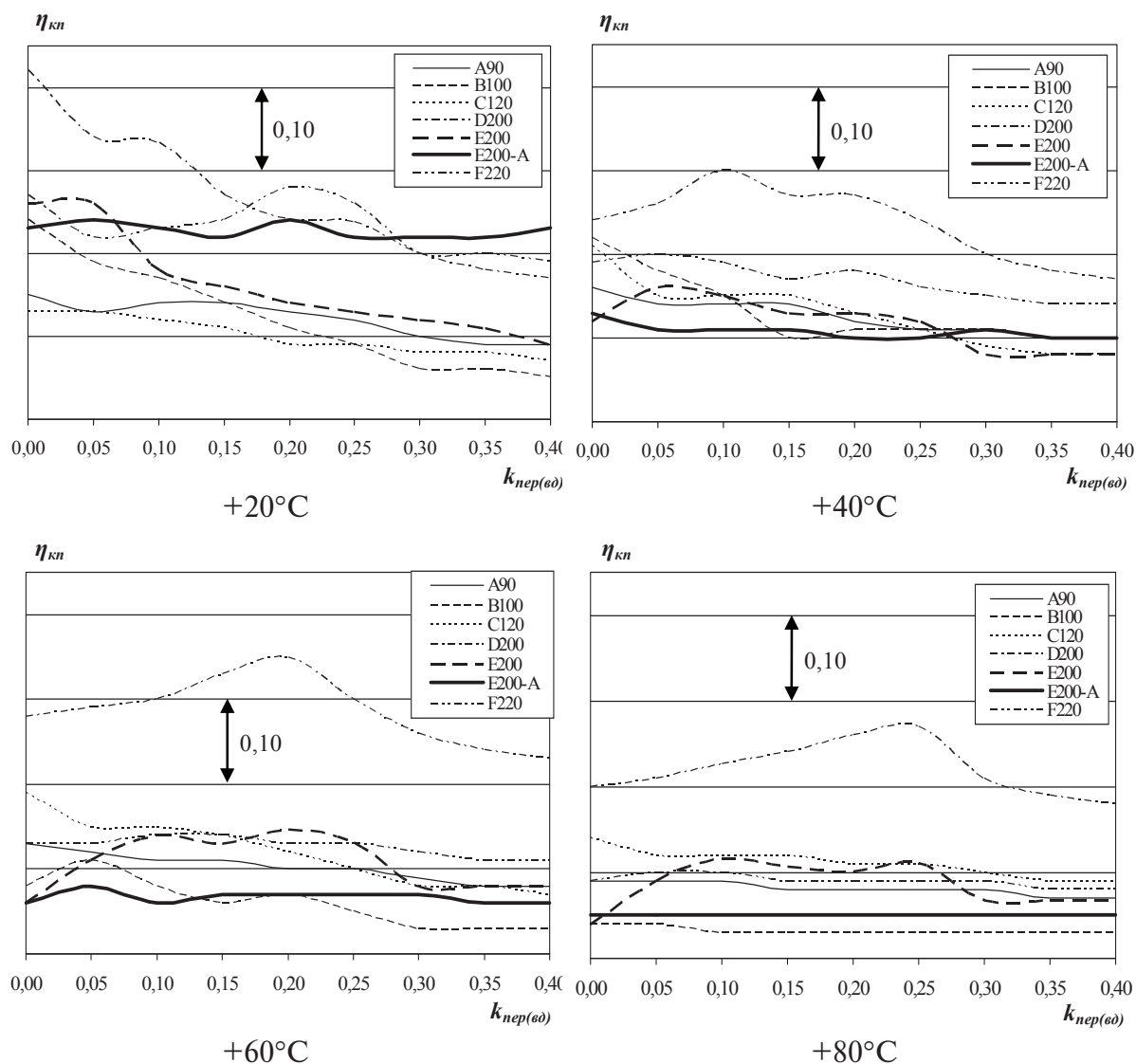


Рис. 5.4. Зависимости *приведенного композитного коэффициента потерь* $\eta_{кп}$ от коэффициента перфорации $k_{пер(вд)}$ двухслойных плосколистовых образцов армированных виброшумодемпфирующих материалов при различных температурных режимах

При перфорировании вязкоэластичного слоя образца материала E200 (армирующий слой – неперфорирован), на рисунках обозначенного как E200-A, отмечается увеличение *модуля потерь* M (относительно *модуля потерь* неперфорированного варианта образца материала) во всем рабочем температурном диапазоне $+20\dots+80^{\circ}\text{C}$ на величину до $0,68 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$ (до 23 раз). Таким образом, достигается увеличение температурного диапазона наибольших значений *модуля потерь* M на $\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$. Следовательно, обеспечивается соответствующее увеличение температурного диапазона эффективного виброшумодемпфирования двухслойным перфорированным армированным виброшумодемпфирующим покрытием.

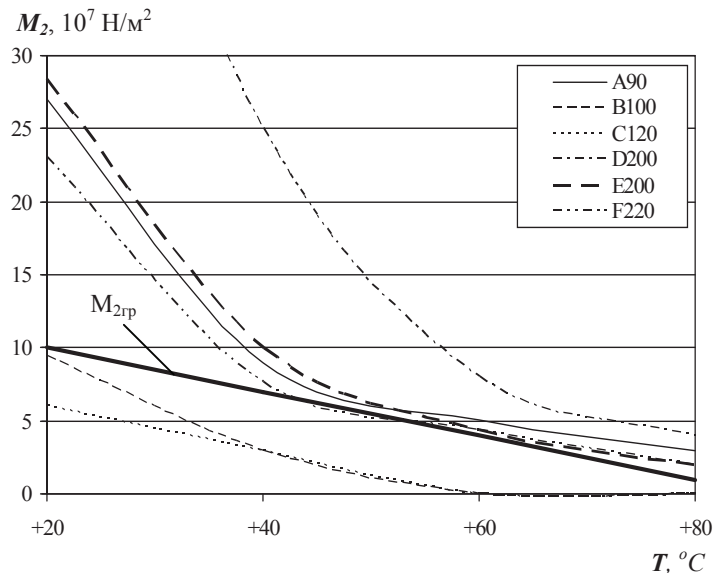


Рис. 5.5. Зависимость модуля потерь M_2 неперфорированного вязкоэластичного слоя в составе различных типов (марок) материалов (A...F) при температурных режимах +20...+80°C

Из результатов экспериментальных исследований, представленных на рис. 5.6, следует, что изменение рабочих температур от +20 до +80°C вызывает нелинейное изменение значений *модуля потерь* M различных исследованных марок двухслойных армированных виброшумодемпфирующих материалов. Проведенные технологические процедуры перфорирования двухслойных плосколистовых армированных виброшумодемпфирующих материалов вызывают увеличение значений *модуля потерь* M практически во всем диапазоне изменения *коэффициента перфорации* $k_{пер(ед)}$. При сопоставлении результатов измерений *приведенного композитного коэффициента потерь* $\eta_{кп}$ образцов материалов перфорированных армированных двухслойных виброшумодемпфирующих покрытий с различными параметрами перфорации и результатов определения значений модуля потерь M этих материалов следует, что наибольшее увеличение виброшумодемпфирующей эффективности (приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$), отмеченное в температурной области +20...+80°C, превышает значения, ограниченные выражением $M_{2гр} = (10^2 - 1,22 \times [(T) - 20]) \times 1,8 \times 10^6, \text{ Н/м}^2$.

При использовании перфорированной структуры вязкоэластичного слоя в составе с неперфорированным армирующим слоем армированного виброшумодемпфирующего покрытия усиливается процесс динамических деформаций сдвига вязкоэластичного слоя. Данное увеличение величин динамических сдвиговых деформаций складывается как из величин усиления сдвиговых деформаций в зонах сопряжения армированного виброшумодемпфирующего покрытия с демпфируемой тонколистовой панелью в локальных зонах выполненных отверстий перфорации, так и из величин усиления динамических сдвиговых деформаций в зонах сопряжения вязкоэластичного слоя (через адгезионный промежуточный слой) с неперфорированным армирующим слоем в отверстиях перфорации. Также, ввиду отсутствия отверстий перфорации (локальных разрушителей жесткой армированной структуры), в армирующем слое обеспечивается сохранение его исходной величины изгибной жесткости (характеризуемой величиной *модуля Юнга* армирующего слоя). Это позволяет сохранить на достигнутом уровне двухслойного неперфорированного армированного виброшумодемпфирующего покрытия высокие значения *приведенного композитного коэффициента потерь* $\eta_{кп}$.

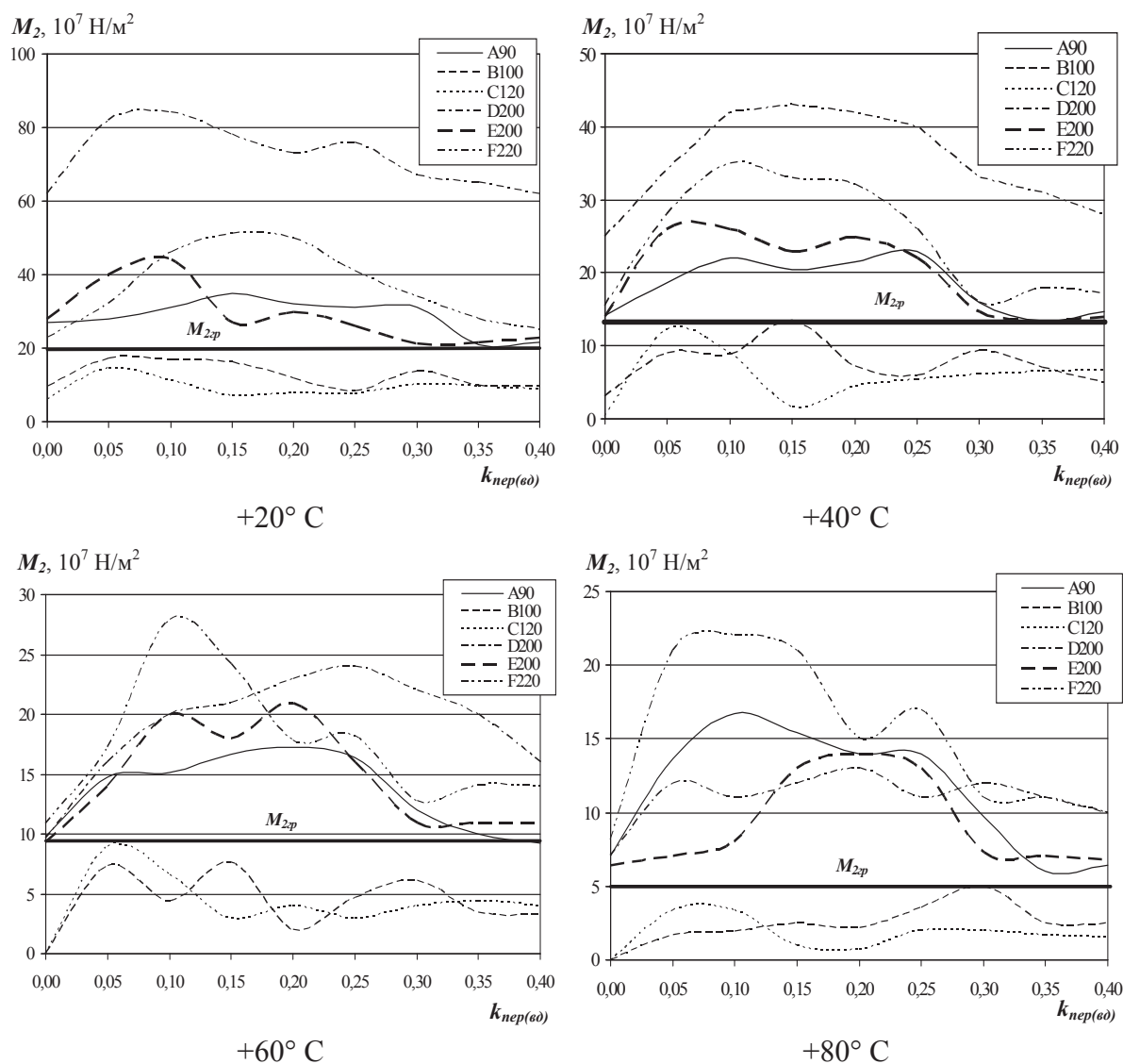


Рис. 5.6. Зависимости модуля потерь M_2 от коэффициента перфорации $k_{пер}$ двухслойных армированных виброшумодемпфирующих материалов в варианте их исполнения со сквозной перфорированной структурой при различных задаваемых температурных режимах

При варианте перфорирования вязкоэластичного слоя (армирующий слой – неперфорирован) эффективным диапазоном значений *коэффициента перфорации* следует считать $k_{пер(сд)} = 0,1...0,4$. При малых значениях величин коэффициента перфорации ($k_{пер(сд)} \leq 0,10$) не происходит существенного изменения исходных виброшумодемпфирующих свойств (относительно неперфорированной структуры материала). Это обусловлено незначительным перераспределением вязкоэластичного вещества материала и не вызывает заметного изменения динамических деформаций такой слабоперфорированной структуры. При достижении величин коэффициента перфорации $k_{пер(сд)} \geq 0,10$ происходит уже заметная в вязкоэластичном слое материала интенсификация процесса как динамических сдвиговых деформаций, так и динамических деформаций растяжения-сжатия. Отмечается также значительная (не менее 10%) экономия расхода вещества вязкоэластичного слоя при сохранении виброшумодемпфирующих свойств на достигнутом уровне сопоставляемого варианта двухслойного неперфорированного армированного виброшумодемпфирующего покрытия. Необходимо заметить, что при коэффициенте перфорации $k_{пер(сд)} \leq 0,40$

улучшение виброшумодемпфирующих свойств происходит уже в актуальном диапазоне более высоких рабочих температур $+40\dots+80^{\circ}\text{C}$. Это свидетельствует о положительных результатах разрешения труднодостижимой технической задачи. В то же время при рабочей температуре $+20^{\circ}\text{C}$ сохраняются виброшумодемпфирующие свойства перфорированного армированного виброшумодемпфирующего покрытия на уровне неперфорированного армированного виброшумодемпфирующего материала. Таким образом, достигается расширение эффективного рабочего температурного диапазона на величину $\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$ с обеспечением более высокой виброшумодемпфирующей эффективности (ослабление степени воздействия высоких температур на снижение виброшумодемпфирующих свойств в диапазоне рабочего температурного режима) при сопутствующих эффектах снижения массы и стоимости модифицированного армированного виброшумодемпфирующего материала. Верхний предел эффективного значения коэффициента перфорации $k_{\text{пер(ед)}} \leq 0,40$ лимитируется в основном технологическими ограничениями.

В случае сквозного перфорирования вязкоэластичного и армирующего слоев установленным эффективным диапазоном значений коэффициента перфорации следует считать $k_{\text{пер(ед)}} = 0,10\dots0,25$. При малых значениях коэффициента перфорации $k_{\text{пер(ед)}} \leq 0,10$ сохраняются неизменные виброшумодемпфирующие свойства сплошного (неперфорированного) армированного виброшумодемпфирующего материала вследствие несущественного удаления массы вещества вязкоэластичного слоя и его слабого влияния на жесткостные свойства. При значениях коэффициента перфорации в диапазоне $k_{\text{пер(ед)}} = 0,10\dots0,25$ в армированном виброшумодемпфирующем материале реализуется процесс интенсификации динамических сдвиговых деформаций и динамических деформаций «растяжения-сжатия». При соответствующем (10...25%) снижении массы вещества армированного виброшумодемпфирующего покрытия это позволяет заметно повысить его виброшумодемпфирующие свойства, а также расширить эффективный рабочий эксплуатационный температурный диапазон на величину $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$. При перфорировании армированного виброшумодемпфирующего покрытия с коэффициентом перфорации $k_{\text{пер(ед)}} \geq 0,25$ возникает проблема уже существенного падения его виброшумодемпфирующих свойств. Это обусловлено значительной потерей массы виброшумодемпфирующего вещества (более 25%) вязкоэластичного слоя при существенном сопутствующем снижении изгибной жесткости армирующего слоя. В рассмотренной колебательной системе отмечаются эффекты ослабления протекания деформационных процессов, вызванных относительно частым дроблением структуры вязкоэластичного слоя (см. также техническое описание патента РФ на изобретение RU 2351995).

С целью выяснения и уточнения причин и механизмов усиления виброшумодемпфирующих свойств перфорированных пластинчатых композитных структур, ламинированных виброшумодемпфирующими покрытиями, выявления качественных оценок влияния отдельных физических параметров слоистой композитной структуры на динамические деформации композитной структуры проводились сопоставительные вариантные расчетные исследования с использованием программного комплекса MSC Nastran и моделей композитных структур [30].

Результаты расчетных исследований свободных изгибных колебаний композитной структуры, как это представлено на рис. 5.7, иллюстрируют выраженную локализацию деформационных полей по ее поверхности. При сквозном перфорировании жесткого виброшумодемпфирующего материала с коэффициентами перфорации $k_{\text{пер(ед)}} = 0,02\dots0,11$ отмечается возрастание максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} , локализирующихся в зонах пучностей колебаний (рис. 5.7), на 16...50% (в зависимости от конкретной рассматриваемой собственной моды изгибных колебаний).

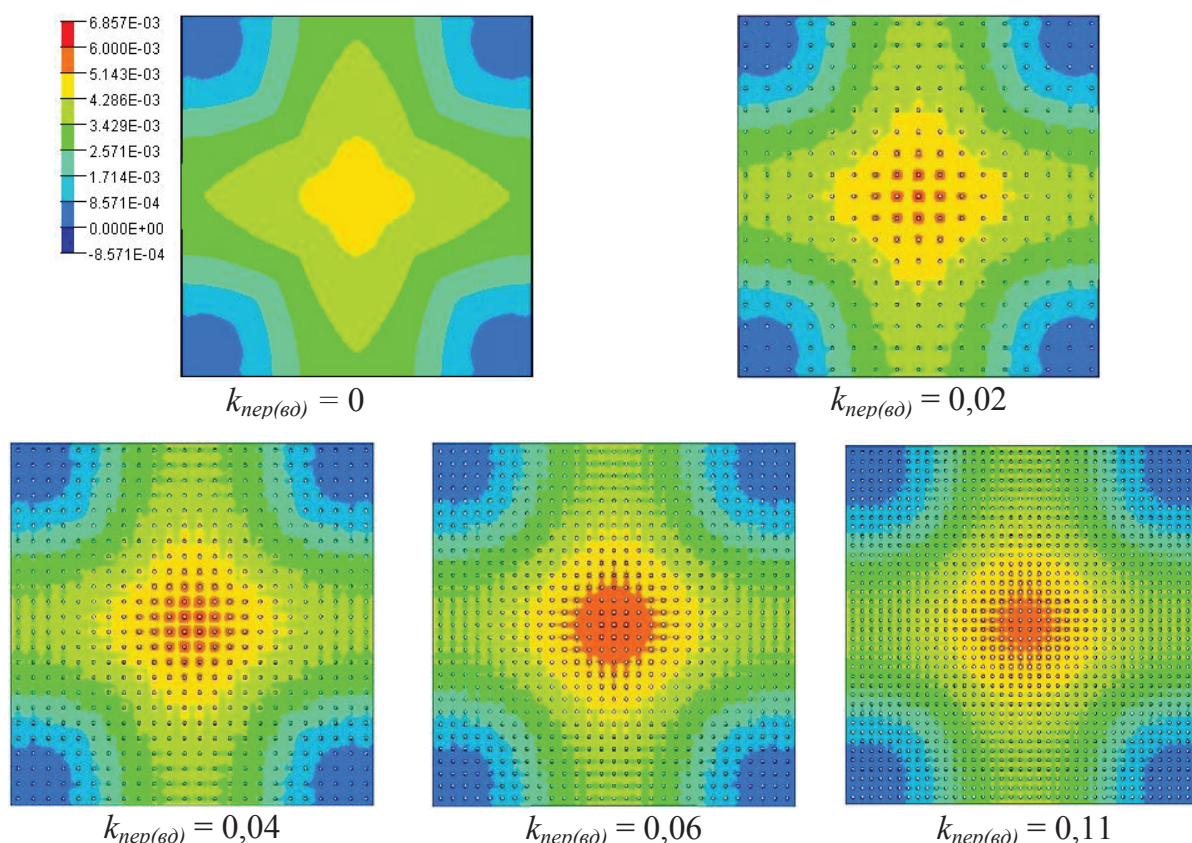


Рис. 5.7. Топологические карты распределения сдвиговой составляющей динамических деформаций композитной структуры в составе несущей стальной пластины, ламинированной неперфорированным и перфорированным жестким однослойным виброшумодемпфирующим покрытием, на третьей собственной моде изгибных колебаний ($f_p = 20$ Гц)

Помимо того, при перфорировании ламинатного слоя жесткого виброшумодемпфирующего покрытия с $k_{nep(сд)} \geq 0,02$ отмечено расширение (увеличение) площадей локализации максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} в 3...53 раза (рис. 5.8) с достижением наибольших величин при $k_{nep(сд)} = 0,06...0,08$ (в зависимости от конкретной моды колебаний). При дальнейшем увеличении коэффициента перфорации ($k_{nep(сд)} \geq 0,06...0,08$) отмечается уже снижение локализованных площадей максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} в 1,5...6 раз относительно достигнутого максимального значения (при $k_{nep(сд)} = 0,06...0,08$).

Для оценки влияния изменений величин динамических деформаций и перераспределений деформационных полей по поверхности изгибно-колеблющейся композитной пластины в зависимости от толщины и температуры вязкоэластичного слоя ламинатного покрытия были проведены соответствующие расчетные исследования. При этом в параметрах расчетной модели задавались переменная величина модуля Юнга вязкоэластичного слоя $E_{2(сд)}$ ($E_{2(сд)} = 0,10...0,52 \times 10^9$ Н/м²) и переменная толщина вязкоэластичного слоя $h_{2(сд)}$ ($h_{2(сд)} = 1...6$ мм). Полученные результаты исследований указывают на слабое влияние (разница не более 2%) изменения величины модуля Юнга вязкоэластичного слоя $E_{2(сд)}$ однослойного жесткого виброшумодемпфирующего покрытия на максимальные величины сдвиговой составляющей деформаций A_{max} .

Изменение толщины вязкоэластичного слоя $h_{2(сд)}$ перфорированного однослойного жесткого виброшумодемпфирующего покрытия с 1 до 3 мм не приводит к значительному изменению максимальных величин сдвиговых составляющих деформаций A_{max} . Последующее увеличение толщины вязкоэластичного слоя с 3 до 6 мм вызывает

возрастание максимальных величин сдвиговых составляющих деформаций A_{max} до 50% при выраженной локализации зон максимальных деформаций в ранее идентифицированных зонах.

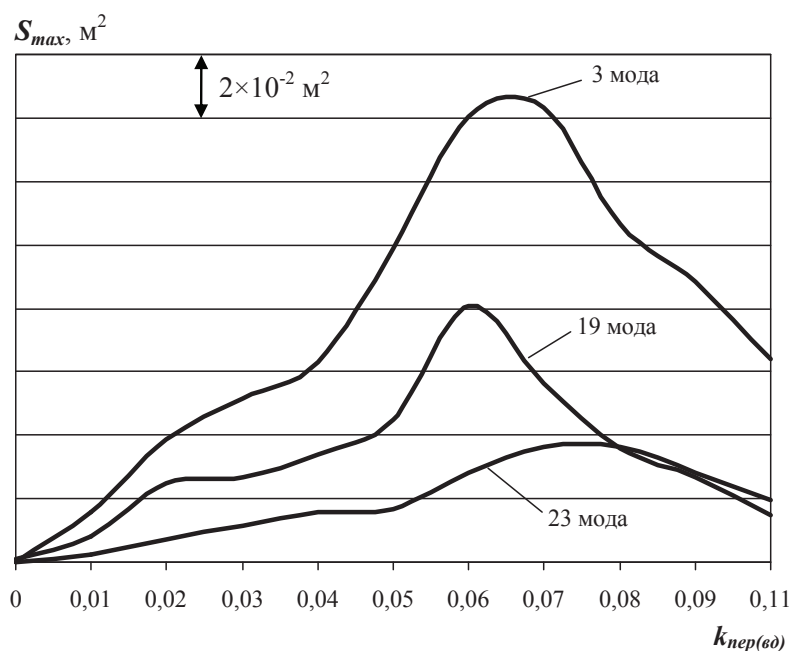


Рис. 5.8. Зависимость площади локализации максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} от коэффициента перфорации однослойного жесткого виброшумодемпфирующего покрытия

($A_{max} \geq 5,2 \times 10^{-3}$ м – для 3 собственной моды колебаний;
 $A_{max} \geq 4,4 \times 10^{-2}$ м – для 19 собственной моды колебаний;
 $A_{max} \geq 6,4 \times 10^{-2}$ м – для 23 собственной моды колебаний)

Результаты исследований свободных изгибных колебаний композитной структуры, ламинированной двухслойным армированным виброшумодемпфирующим покрытием, иллюстрируют возрастание максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} (рис. 5.9) на 6...51% (в зависимости от конкретной рассматриваемой моды собственных изгибных колебаний) при сквозном перфорировании его вязкоэластичного и армирующего слоев во всем исследуемом диапазоне изменения коэффициента перфорации $k_{пер(ед)} = 0,01...0,37$.

Как следует из результатов исследований, на отдельных собственных модах изгибных колебаний пластинчатой композитной структуры выделяются диапазоны как незначительного, так и существенного возрастания максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} при изменении коэффициента перфорации $k_{пер(ед)}$. К примеру, для 8 и 14 мод собственных изгибных колебаний при $k_{пер(ед)} = 0,01...0,20$ отмечено возрастание максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} не более 9%. В то же время при $k_{пер(ед)} = 0,25...0,37$ возрастание максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} для 9 и 14 мод собственных изгибных колебаний составляет уже до 24% и до 51%.

При изменении коэффициента перфорации в диапазоне $k_{пер(ед)} = 0,01...0,37$ отмечено расширение (увеличение) площадей локализации максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} до 80 раз (рис. 5.10). Наибольшее расширение S_{max} отмечено на третьей собственной моде колебаний. В обособленных диапазонах изменения коэффициента перфорации $k_{пер(ед)} = 0,01...0,03$ и $k_{пер(ед)} = 0,11...0,37$ отмечается наиболее интенсивное расширение площадей локализации максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} .

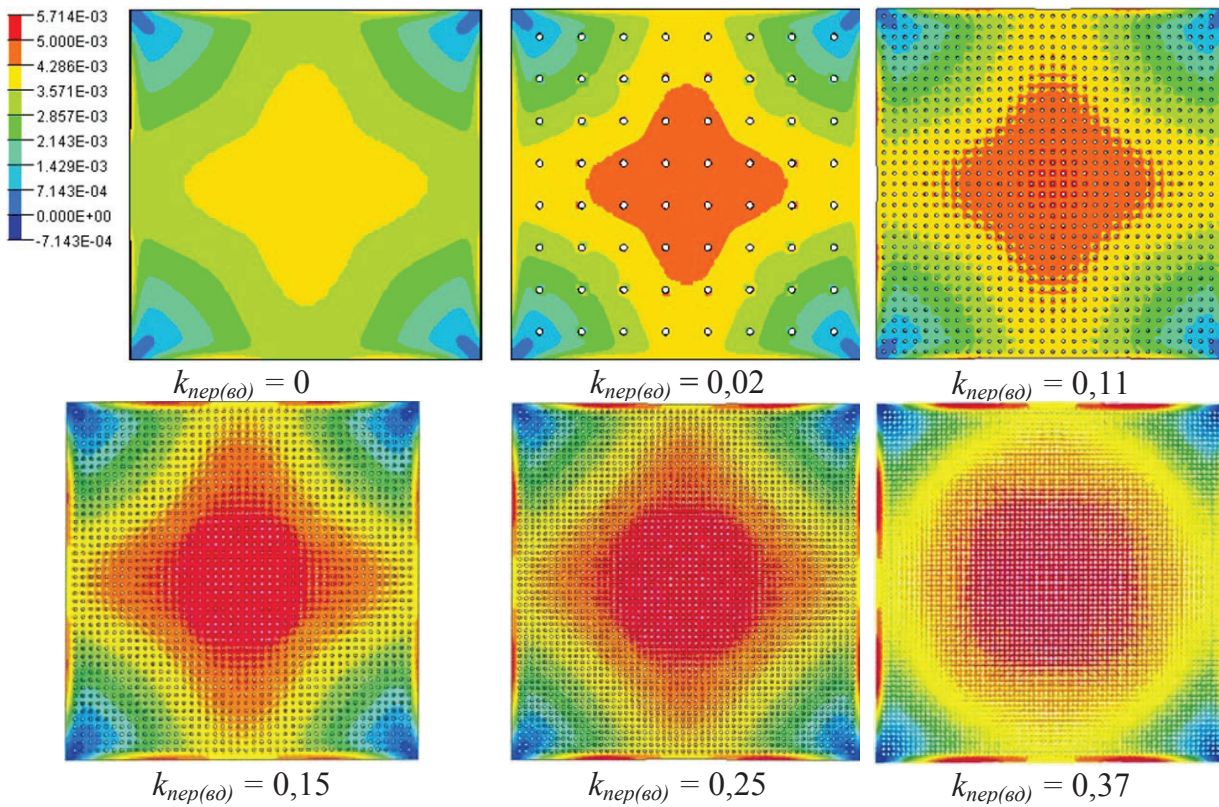


Рис. 5.9. Топологические карты распределения величин сдвиговой составляющей деформаций на поверхностной зоне композитной структуры в составе несущей стальной пластины, ламинированной неперфорированным и перфорированным двухслойным армированным виброшумодемпфирующим покрытием, на третьей собственной моде изгибных колебаний ($f_p = 58$ Гц)

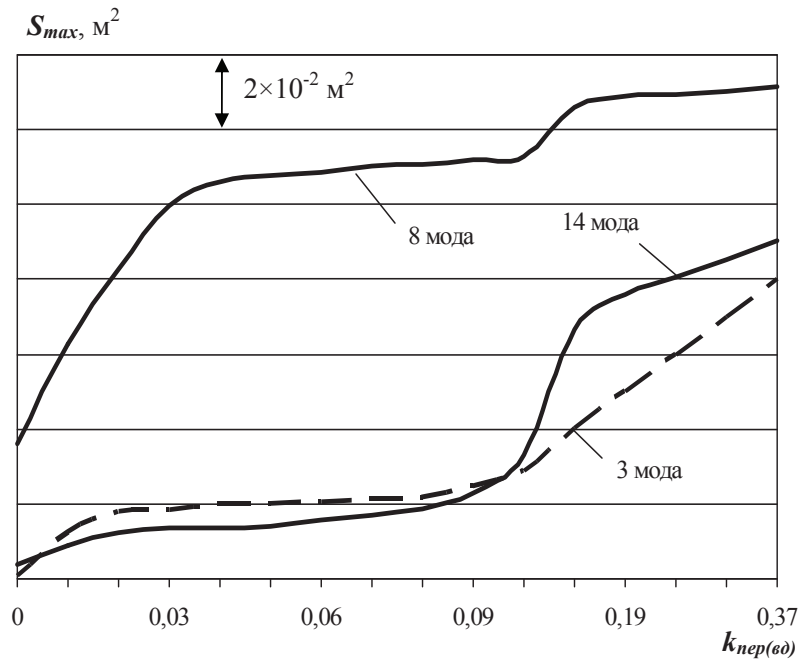


Рис. 5.10. Зависимости площадей локализации максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций S_{max} от коэффициента перфорации армированного виброшумодемпфирующего покрытия ($A_{max} \geq 3,8 \times 10^{-3}$ м – для 3 моды колебаний; $A_{max} \geq 1,9 \times 10^{-2}$ м – для 8 моды колебаний; $A_{max} \geq 3,2 \times 10^{-2}$ – для 14 моды колебаний)

Уменьшение величины модуля Юнга вязкоэластичного слоя $E_{2(\text{вд})}$ в 2,2 раза (с $E_{2(\text{вд})} = 0,52 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$ до $E_{2(\text{вд})} = 0,24 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$) армированного двухслойного виброшумодемпфирующего материала вызывает возрастание величины максимальных сдвиговых составляющих деформаций A_{max} на 51%. В то время как снижение величины $E_{2(\text{вд})}$ в 5,2 раза (с $E_{2(\text{вд})} = 0,52 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$ до $E_{2(\text{вд})} = 0,10 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$) приводит к возрастанию значений максимальных сдвиговых составляющих деформаций A_{max} уже на 182% (рис. 5.11). Помимо того, отмечено существенное поверхностное перераспределение локализации высоких и низких величин сдвиговой составляющей деформаций исследуемой пластинчатой структуры. Данные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности деформационных процессов, протекающих в исследуемой композитной структуре, от изменения величин модуля Юнга вязкоэластичного слоя $E_{2(\text{вд})}$ (следовательно, и от изменения температурных режимов в реальных условиях эксплуатации АТС, влекущих соответствующие изменения значений модуля Юнга).

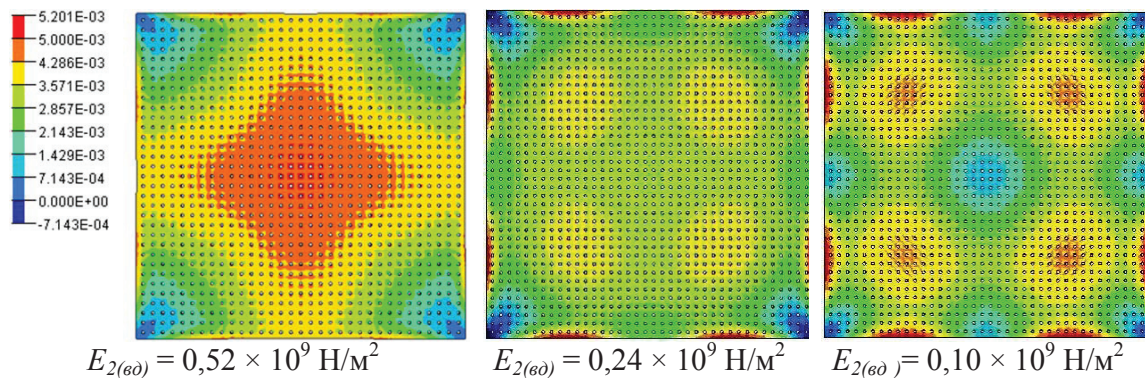


Рис. 5.11. Топологические карты распределения величин сдвиговой составляющей деформаций по поверхности композитной структуры на третьей собственной моде изгибных колебаний в составе стальной пластины, ламинированной перфорированным ($k_{\text{пер(вд)}} = 0,11$) армированным виброшумодемпфирующим покрытием, при различных значениях модуля Юнга вязкоэластичного слоя $E_{2(\text{вд})}$ ($f_p = 58 \text{ Гц}$)

Изменение толщины вязкоэластичного слоя $h_{2(\text{вд})}$ перфорированного армированного двухслойного виброшумодемпфирующего материала в три раза (с 1 до 3 мм) вызывает увеличение величин максимальных сдвиговых деформаций пластинчатой композитной структуры A_{max} в 2,8 раза. Увеличение толщины вязкоэластичного слоя $h_{2(\text{вд})}$ в шесть раз (с 1 до 6 мм) повышает величины максимальных сдвиговых деформаций A_{max} в 4 раза (рис. 5.12). Также отмечено кардинальное (до 22 раз) увеличение локализованных площадей максимальных величин сдвиговой составляющей деформаций A_{max} при повышении толщины вязкоэластичного слоя $h_{2(\text{вд})}$ в 6 раз (с 1 до 6 мм). Представленные результаты свидетельствуют о существенном влиянии толщины вязкоэластичного слоя $h_{2(\text{вд})}$ перфорированного армированного виброшумодемпфирующего материала на величины максимальных сдвиговых составляющих деформаций A_{max} . Они обусловлены процессом возрастания сдвиговых деформаций по толщине вязкоэластичного слоя, в особенности в зонах сопряжения вязкоэластичного и армирующего слоев периметрических областей отверстий перфорации.

Анализ топологических карт распределения полей суммарных деформаций (включающих составляющие деформаций типа «сдвиг» и «растяжение-сжатие») пластинчатой композитной структуры, ламинированной перфорированным жестким однослойным и армированным двухслойным виброшумодемпфирующим покрытием, показал, что возрастание максимальных величин суммарных деформаций A_{Σ} происходит на величины, сопоставимые с максимальными величинами сдвиговой составляющей деформаций A_{max} . Омечаются существенные перераспределения и расширения

площадей максимальных суммарных деформаций S_{Σ} , а также возрастает число собственных мод изгибных колебаний, на которых зарегистрированы максимальные эффекты увеличения деформаций при ламинировании пластины перфорированными виброшумодемпфирующими покрытиями. Полученные расчетные результаты указывают на увеличение как доли составляющей деформаций типа «растяжение-сжатие», так и составляющей сдвиговых деформаций, вносящих доминирующий вклад в увеличение суммарных деформаций, при использовании перфорированных виброшумодемпфирующих покрытий.

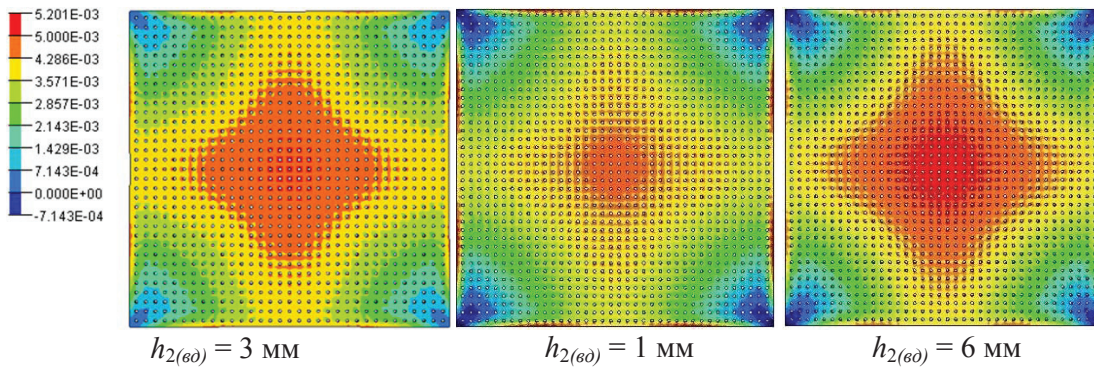


Рис. 5.12. Топологические карты распределения величин сдвиговой составляющей деформаций по поверхности композитной структуры на третьей собственной моде изгибных колебаний в составе несущей стальной пластины, ламинированной перфорированным ($k_{пер(ед)} = 0,11$) армированным виброшумодемпфирующим покрытием при различных толщинах вязкоэластичного слоя $h_{2(ед)}$ ($f_p = 58$ Гц)

Анализ результатов расчетных исследований указывает на возрастание величин сдвиговой составляющей деформаций перфорированного жесткого однослойного виброшумодемпфирующего покрытия, которые локализуются преимущественно в периферийных зонах отверстий перфорации. Дополнительно по периметрическим зонам отверстий перфорации, локализованных в зонах пучностей собственных мод изгибных колебаний композитных структур, формируются обособленные участки усиления величин составляющей деформаций типа «растяжение-сжатие», вызывающих итоговое возрастание величин суммарных динамических деформаций A_{Σ} композитной структуры.

При перфорировании вязкоэластичного слоя в составе с неперфорированным армирующим слоем виброшумодемпфирующего покрытия существенно усиливается процесс динамических деформаций сдвига вязкоэластичного слоя. Данное увеличение величин сдвиговых составляющих динамических деформаций складывается из значений усиления сдвиговых деформаций в зонах сопряжения армированного виброшумодемпфирующего покрытия с поверхностью демпфируемой тонколистовой панели в локальных периметрических зонах отверстий перфорации и из величин усиления динамических сдвиговых деформаций в зонах сопряжения вязкоэластичного слоя (через адгезионный промежуточный слой) с неперфорированным армирующим слоем в отверстиях перфорации. По периметрическим зонам отверстий перфорации, локализованных в пучностях собственных мод колебаний указанных композитных структур, возникают повышенные по амплитуде упругие динамические деформации «растяжения-сжатия», увеличивающие величины суммарных динамических деформаций такой композитной структуры.

Проведенные расчетные исследования свободных изгибных колебаний композитных пластинчатых структур, ламинированных сплошными и перфорированными однослойными жесткими и двухслойными армированными виброшумодемпфирующими покрытиями, выявили доминирующие виды деформаций вязкоэластичного слоя

виброшумодемпфирующих материалов и процессы их изменения от задаваемых толщин и модулей Юнга. По результатам исследований определены эффективные диапазоны перфорирования вязкоэластичного и армирующего слоев виброшумодемпфирующих материалов, обеспечивающие существенный рост амплитуд и поверхностных областей локализаций динамических деформаций вязкоэластичного слоя, ответственных за степень диссипативного рассеивания колебательной энергии. На основании проведенных расчетных исследований определены эффективные пути и диапазоны структурирования виброшумодемпфирующих материалов, согласно которым могут быть изготовлены опытные образцы материалов и полномасштабных деталей для проведения последующих экспериментальных исследований на лабораторно-стендовых установках (стенды «Оберст» и «RTC-3») и пилотных образцах автомобилей в условиях их стендовых и дорожных испытаний (см. также технические описания патентов РФ на изобретения RU 2449904, RU 2351995, RU 2333545 и заявки на изобретение RU 2011116501).

5.2. Исследование виброакустической эффективности структурированных узкополосных виброшумодемпфирующих покрытий

Проведенные экспериментальные исследования показали, что результативным техническим приемом повышения шумопонижающей эффективности виброшумодемпфирующих покрытий является использование их модификационных структурированных узкополосных исполнений.

Экспериментальные исследования проводились с использованием лабораторно-стендовой установки «Оберст» в рабочем эксплуатационном диапазоне температур +20...+80°C. Структурной модификации подвергались два типа двухслойных армированных виброшумодемпфирующих материалов марок DF-3AL и DF-6AL производства ЗАО НПП «Тэксикал Консалтинг» (г. Тольятти), содержащие в своем составе армирующий слой из алюминиевой фольги, промежуточный адгезионный, вязкоэластичный, монтажный адгезионный слои. Исследуемые марки материалов отличались толщиной вязкоэластичного слоя и его удельным поверхностным весом (табл. 5.1). Образцы виброшумодемпфирующих материалов монтировались на несущую стальную панель толщиной 1 мм, образуя многослойную виброшумодемпфированную композитную структуру (рис. 5.13).

Таблица 5.1

Основные технические характеристики исследуемых марок виброшумодемпфирующих материалов

Марка материала	t , мм (вязкоэл./арм. слой)	m , кг/м ² (вязкоэл./арм. слой)	K , $\times 10^7$ Н/м	$\eta_{кп}$ (в числителе) и M_2 , $\times 10^9$ Н/м ² (в знаменателе) при температуре, °С			
				+20	+40	+60	+80
DF-3AL	1,5 / 0,2	3,0 / 0,54	13,6	$\frac{0,30}{0,35}$	$\frac{0,23}{0,20}$	$\frac{0,16}{0,06}$	$\frac{0,10}{0,04}$
DF-6AL	3,0 / 0,2	6,0 / 0,54	13,6	$\frac{0,38}{0,52}$	$\frac{0,31}{0,27}$	$\frac{0,23}{0,06}$	$\frac{0,16}{0,05}$

t – толщина составного слоя, мм; m – удельный поверхностный вес, кг/м²; K – показатель жесткости армирующего слоя, Н/м; $\eta_{кп}$ – приведенный композитный коэффициент потерь, усл. ед.; M_2 – приведенный модуль потерь вязкоэластичного слоя, Н/м².

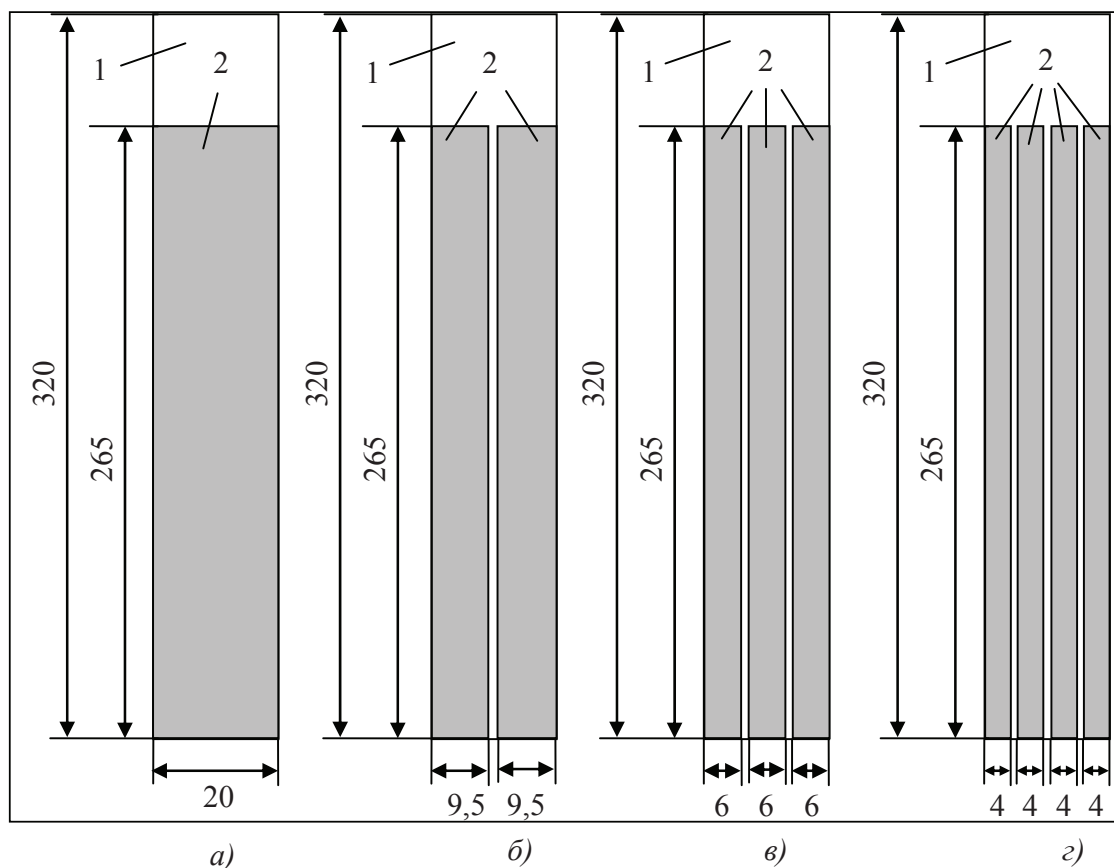
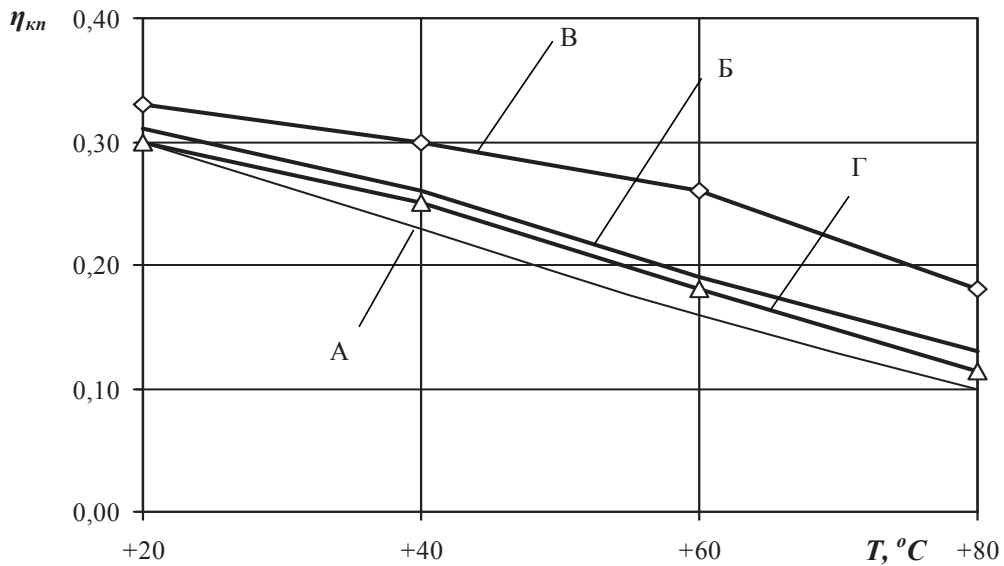


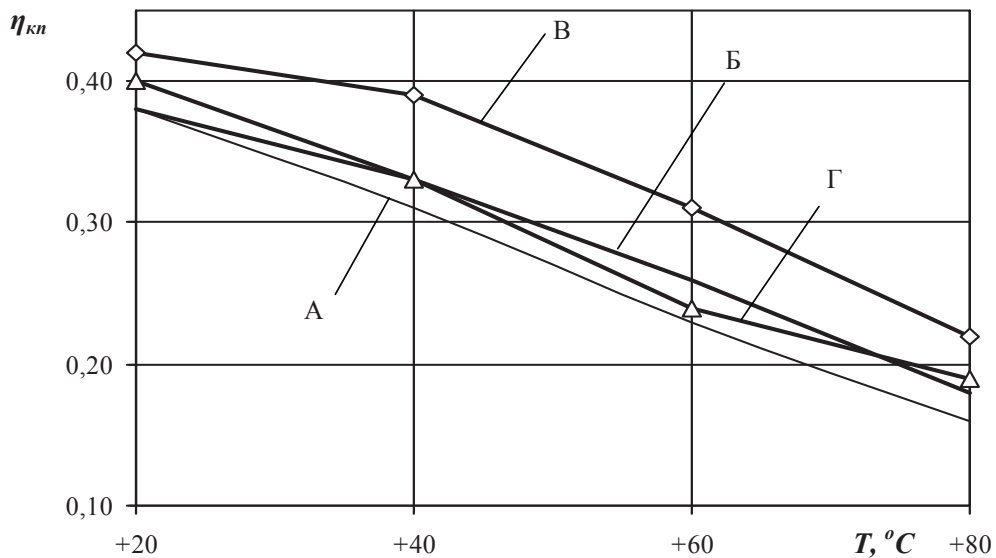
Рис. 5.13. Схемы макетных образцов исследованных структурированных узкополосных виброшумодемпфирующих покрытий в вариантах с одной (а), двумя (б), тремя (в) и четырьмя (з) плосколистовыми прокладками, смонтированными на несущей стальной панели: 1 – несущая металлическая панель; 2 – узкополосные плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки

Из результатов исследований, представленных на рис. 5.14, следует, что использование двух узкополосных виброшумодемпфирующих прокладок общей шириной 19 мм, смонтированных на поверхности несущей стальной панели с образованием воздушного зазора 1 мм между их противоположными торцевыми зонами, с сопутствующим уменьшением объема вязкоэластичного вещества на 5% относительно варианта установки на поверхности несущей стальной панели монолитного образца виброшумодемпфирующего материала (шириной 20 мм), приводит к увеличению значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ до 0,03 (до 23%) в диапазоне эксплуатационных температур +40...+80°C.

На рис. 5.14 использованы следующие обозначения кривых: *кривая А* – на поверхности несущей стальной панели смонтирован монолитный образец виброшумодемпфирующего материала шириной 20 мм; *кривая Б* – на поверхности несущей стальной панели смонтированы два узкополосных структурированных образца виброшумодемпфирующего материала (с зазорами шириной 1 мм между противоположными торцами больших сторон) общей шириной 19 мм; *кривая В* – на поверхности несущей стальной панели смонтированы три узкополосных структурированных образца виброшумодемпфирующего материала (с зазорами шириной 1 мм между противоположными торцами больших сторон) общей шириной 18 мм; *кривая Г* – на поверхности несущей стальной панели смонтированы четыре узкополосных структурированных образца виброшумодемпфирующего материала (с зазорами шириной 1 мм между противоположными торцами больших сторон) общей шириной 16 мм.



(а)



(б)

Рис. 5.14. Зависимости приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ двухслойных плосколистовых армированных виброшумодемпфирующих материалов DF-3AL (а) и DF-6AL (б) в различных вариантах его узкополосного расчленения от температурных эксплуатационных режимов

Использование трех узкополосных виброшумодемпфирующих прокладок общей шириной 18 мм, изготовленных из аналогичных типов материалов и смонтированных на поверхности несущей стальной панели с образованием воздушного зазора 1 мм между их противоположными торцевыми зонами, с сопутствующим уменьшением объема вязкоэластичного вещества на 10% относительно варианта установки на поверхности несущей стальной панели монолитного образца виброшумодемпфирующего материала (шириной 20 мм) приводит к более существенному увеличению значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ до 0,08 (до 44%) в диапазоне эксплуатационных температур +20...+80°C. Последующее увеличение количества узкополосных виброшумодемпфирующих прокладок до четырех штук общей шириной 16 мм, разнесенных на расстояние 1 мм, и уменьшение объема вязкоэластичного

вещества на 15% приводит к снижению достигнутого (в варианте использования трех узкополосных виброшумодемпфирующих прокладок) эффекта увеличения значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ до 0,02 (до 16%) в исследуемом диапазоне эксплуатационных температур.

Повышение значений приведенного композитного коэффициента потерь $\eta_{кп}$ при расчленении монолитной виброшумодемпфирующей прокладки на несколько узкополосных, монтируемых на поверхностях несущих тонколистовых панелей (преимущественно панелей кузова АТС), происходит при попутном уменьшении до 15% объема вязкоэластичного вещества, обеспечивая в конечном итоге снижение веса и стоимости армированного двухслойного виброшумодемпфирующего покрытия. Этот эффект достигается в результате появления дополнительных динамических деформаций типа «растяжение-сжатие» и «сдвига» вязкоэластичного слоя структурированных виброшумодемпфирующих прокладок в образованных дополнительных свободных торцевых зонах его сопряжения с тыльной поверхностью армирующего слоя и поверхностью несущей тонколистовой панели виброшумоактивного узла и/или системы АТС (см. также техническое описание патента РФ на изобретение RU 2438911).

6. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР С ЗАЦЕМЛЕННЫМ КОНЦЕВЫМ УЧАСТКОМ АРМИРУЮЩЕГО СЛОЯ

Представленная концептуальная разработка относится к многослойным виброшумодемпфированным композитным структурам (далее – МВКС), используемым для изготовления панелей кузова АТС. При этом они могут быть использованы также и при изготовлении корпусных элементов производственно-технологического оборудования, энергетических установок, систем вентиляции, отопления и кондиционирования, обладающих улучшенными акустическими характеристиками (обеспечивающих снижение структурного шумового излучения, производимого изгибно-колеблющимися виброактивными тонколистовыми структурами корпусных элементов).

Известны различные МВКС, обладающие высоким внутренним трением и содержащие в своем составе, например, несущие тонколистовые панели (металлические, полимерные) и адгезионно смонтированные на их поверхности виброшумодемпфирующие покрытия в виде мастик или листовых прокладочных ламинатов (прокладок), в результате чего обеспечивается их низкая виброакустическая возбудимость. Технологическая процедура монтажа таких виброшумодемпфирующих структур может выполняться путем их напыления, штапелирования, приплавления (термоадгезии) или использования дополнительного термоактивного или липкого клеевого слоя на монтажных поверхностях плосколистовых виброшумодемпфирующих покрытий при установке их на поверхность тонкостенного корпуса виброактивного узла и/или системы. В качестве основы виброшумодемпфирующих покрытий, как правило, применяются смеси на основе битума или полимерных композиций различного химического состава с использованием разнообразных наполнителей и связующих компонентов, придающих им те или иные механические, виброшумодемпфирующие, технологические или другие характеристики. При использовании указанных МВКС практически всегда существуют актуальные проблемы, связанные с улучшением их виброшумодемпфирующих свойств, при необходимых условиях снижения их удельного веса, габаритных и стоимостных параметров.

Решение проблем заключается в улучшении виброшумодемпфирующих свойств при одновременном снижении веса МВКС за счет обеспечения эффектов усиления динамических деформационных сдвиговых процессов, протекающих в ее вязкоэластичном слое и обеспечивающих в связи с этим интенсивное необратимое преобразование механической работы динамических деформаций в тепловую энергию.

Поставленная задача решается за счёт того, что МВКС содержит несущую тонколистовую панель, армированную виброшумодемпфирующую прокладку, состоящую из вязкоэластичного, армирующего, адгезионного промежуточного (соединяющего армирующий и вязкоэластичный слои), адгезионного монтажного (сопрягающего встречные поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки и несущей тонколистовой панели) слоев. При этом армирующий слой виброшумодемпфирующей прокладки с одной из её сторон превышает габаритные размеры вязкоэластичного слоя, образуя концевую, не сопряженную с поверхностью вязкоэластичного слоя часть, составляющую не менее 30% её тыльной поверхности, которая адгезионно закреплена на поверхности несущей тонколистовой панели.

В результате может быть снижен удельный поверхностный вес и стоимость МВКС путём определенного уменьшения толщины вязкоэластичного слоя и/или армирующего слоя и сокращения площади виброшумодемпфирующего покрытия несущей виброактивной тонколистовой панели при соблюдении условия сохранения заданных виброшумодемпфирующих характеристик.

Модифицированные варианты исполнения МВКС (рис. 6.1) содержат 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. При этом армирующий слой 5 с одной из сторон армированной виброшумодемпфирующей прокладки превышает габаритные размеры вязкоэластичного слоя 3, образуя незадемпфированную концевую, не сопряженную с поверхностью вязкоэластичного слоя часть 6, составляющую не менее 30% тыльной поверхности прокладки, которая закреплена на поверхности несущей формообразующей тонколистовой панели 1, с использованием того или иного типа адгезионного промежуточного слоя 2.

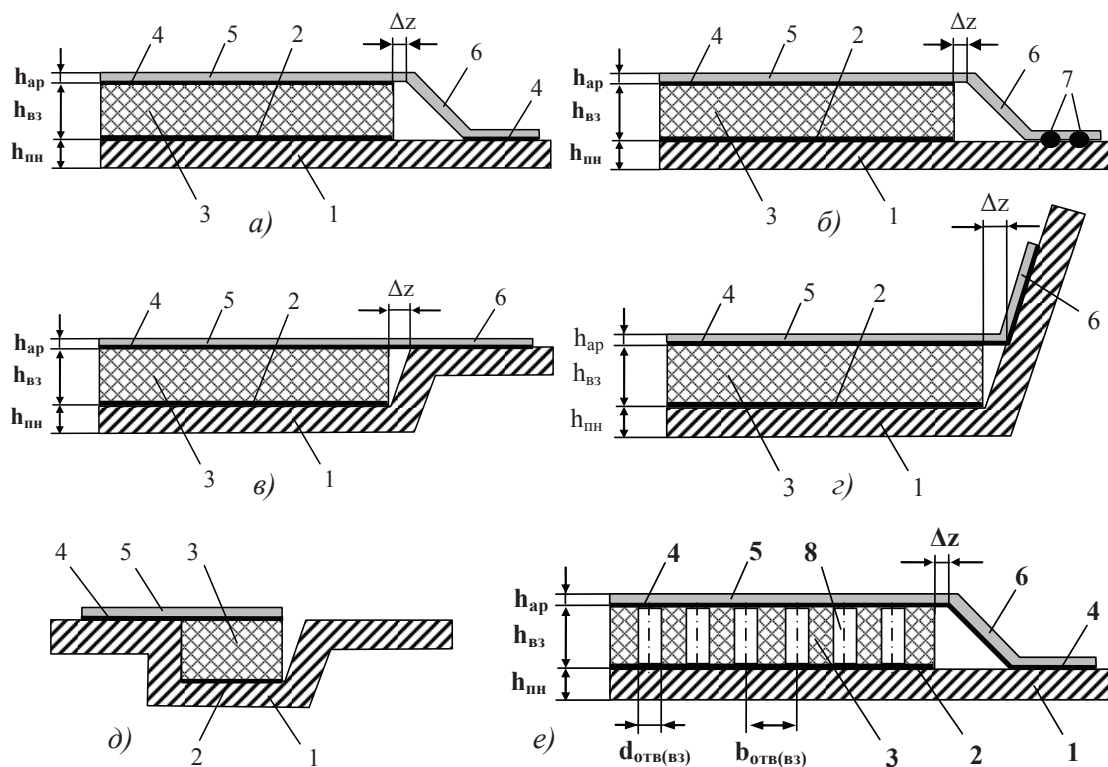


Рис. 6.1. Структурные схемы исполнений МВКС в составе фрагментной зоны несущей тонколистовой панели и различные варианты адгезионно смонтированной на ее поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки: 1 – несущая тонколистовая панель; 2 – монтажный адгезионный слой; 3 – вязкоэластичный слой; 4 – промежуточный адгезионный слой; 5 – армирующий слой; 6 – концевая незадемпфированная часть армирующего слоя, не сопряженная с поверхностью вязкоэластичного слоя (свободная от вязкоэластичного слоя); 7 – сварное соединение концевой части армирующего слоя, не сопряженной с поверхностью вязкоэластичного слоя; 8 – отверстия перфорации вязкоэластичного слоя; $h_{\text{пн}}$ – толщина несущей тонколистовой панели; $h_{\text{вз}}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{\text{ар}}$ – толщина армирующего слоя; $d_{\text{отв(вз)}}$ – диаметр отверстий перфорации вязкоэластичного слоя; $b_{\text{отв(вз)}}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации вязкоэластичного слоя

Армированная виброшумодемпфирующая прокладка может быть смонтирована в поднутрении (подштамповке), выполненном в несущей тонколистовой панели 1, глубина которого равна сумме составляющих толщин адгезионного монтажного слоя 2 и вязкоэластичного слоя 3 (схемы – в и д).

Возможен вариант технического исполнения, при котором, например, толщина армирующего слоя 5 армированной виброшумодемпфирующей прокладки составляет 0,1 толщины вязкоэластичного слоя 3.

Не менее 30% тыльной поверхности концевой незадемпфированной части 6 армирующего слоя 5 армированной виброшумодемпфирующей прокладки может быть закреплено на внутренней сопрягаемой поверхности несущей тонколистовой панели с использованием сварного соединения 7, в том числе на негоризонтальной (наклонной) поверхности несущей тонколистовой панели 1 (сопряжённых тонколистовых панелей), как это показано на схемах б и г.

Структура вязкоэластичного слоя 3 и адгезионного монтажного слоя 2 армированной виброшумодемпфирующей прокладки может быть перфорирована отверстиями 8 с коэффициентом перфорации ($k_{пер}$):

$$k_{пер} = \frac{S_{пер}}{S_{пр}} \leq 0,25,$$

где $S_{пер}$ — суммарная площадь проекции отверстий перфорации 8 на плоскость поверхности армированной виброшумодемпфирующей прокладки, м², $S_{пр}$ — площадь лицевой проекции поверхности задемпфированного участка 5 армированной виброшумодемпфирующей прокладки, м².

При варианте выполнения армирующего слоя 5 армированной виброшумодемпфирующей прокладки с превышением габаритных размеров вязкоэластичного слоя 3 и образованием закрепленной на поверхности несущей тонколистовой панели 1 незадемпфированной концевой части 6, не сопряженной с поверхностью вязкоэластичного слоя 3, усиливается процесс протекания динамических деформаций сдвига в структуре вязкоэластичного слоя 3. Указанное увеличение амплитуд динамических сдвиговых деформаций складывается из величин усиления амплитуд сдвиговых деформаций в зонах сопряжения армированной виброшумодемпфирующей прокладки с несущей тонколистовой панелью 1 и из величин усиления амплитуд динамических сдвиговых деформаций в зонах сопряжения вязкоэластичного слоя 3 (через адгезионный промежуточный слой 4) с армирующим слоем 5. Возникновение указанных эффектов интенсификации динамических процессов обусловлено полным исключением относительного свободного продольного смещения (относительно несущей тонколистовой панели 1) и уменьшением динамических деформаций армирующего слоя 5 армированной виброшумодемпфирующей прокладки. В результате реализации представленных технических решений в существенной степени интенсифицируется механизм преобразования механической вибрационной энергии в слоистой композитной структуре в необратимо рассеиваемую при этом тепловую энергию, обеспечивая тем самым улучшение виброшумодемпфирующих свойств МВКС (см. также технические описания патентов РФ на изобретения RU 2465143, RU 2442704 и заявки на изобретение RU 2011116501).

7. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР С ОТЛИЧАЮЩИМИСЯ ТЕМПЕРАТУРОЗАВИСИМЫМИ ВЯЗКОЭЛАСТИЧНЫМИ СЛОЯМИ МОЗАИЧНОГО ТИПА

Представленное многослойное акустическое виброшумодемпфирующее покрытие (МВШП) предназначено для снижения структурного шума виброшумоактивных, характеризующихся интенсивным вибрационным полем, тонколистовых панелей кузова автотранспортных средств, преимущественно легковых автомобилей и автобусов. Оно может быть использовано и для снижения структурного шума, излучаемого вибрирующими тонколистовыми металлическими структурами панелей кабин других наземных транспортных средств – тракторов, зерноуборочных комбайнов, дорожно-транспортных машин, а также кабин, пассажирских помещений и моторных отсеков технических средств водного и воздушного транспорта, кожухов и элементов капотирования различных стационарных и передвижных энергетических установок (передвижных компрессоров, дизель-агрегатов и т. п.), корпусов установок бытовой техники (холодильников, стиральных, посудомоечных машин, пылесосов и т. п.).

Известны различные виброшумодемпфирующие покрытия, материалы которых обладают высоким внутренним трением. Они представлены, например, в виде вязкоэластичных мастик или плосколистовых прокладочных ламинатов, адгезионно устанавливаемых на поверхностях вибрирующих тонкостенных металлических панелей путем их напыления, штапельирования, приплавления (термоадгезии) или использования дополнительного термоактивного или липкого клеевого слоя, нанесенного на монтажные поверхности 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 наполнителей и связующих компонентов, придающих им те или иные механические, виброшумодемпфирующие, технологические, эксплуатационные или другие характеристики. В частности, отдельные типы и свойства виброшумодемпфирующих покрытий описаны в известных монографиях отечественных авторов [22...27, 37].

Структуры виброшумодемпфирующих покрытий, содержащие в своем составе вязкоэластичный слой, отличаются выраженной зависимостью от температуры динамического модуля упругости (модуля Юнга) и коэффициента потерь, характеризующего степень превращения (рассеивания) энергии механических вибраций (изгибных деформационных колебаний) несущей механической основы (тонколистовой виброшумоактивной панели) в тепловую энергию. В зависимости от используемого структурного и химического состава вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий достигается заданный (относительно узкий) рабочий эксплуатационный температурный диапазон эффективных значений коэффициента потерь (с обеспечением в нем эффективного виброшумодемпфирования). Очевидны недостатки такого типа структур виброшумодемпфирующих покрытий для виброакустически активных деталей узлов и механизмов машин, эксплуатируемых в широком диапазоне изменения температур рабочей и внешней среды.

В таких случаях целесообразно применение вязкоэластичных веществ, эффективных во всем (подавляющем), причем весьма широком диапазоне эксплуатационных температур виброшумоактивного технического объекта. Однако решение данной технической задачи представляется весьма сложным ввиду того, что типичные вязкоэластичные вещества материалов, используемые в структурах виброшумодемпфирующих покрытий, имеют преимущественно органическое (на базе углеродных соединений) или синтетическое (полимерное) происхождение. В результате они существенно

меняют свои жесткостные и вязкоэластичные свойства в зависимости от температуры и могут находиться в стеклоподобном, резиноподобном (каучукообразном) и пластичном состояниях [24]. Величина и характер изменения динамических модулей упругости и коэффициентов потерь полимеров с изменением температуры определяются их химическим строением и молекулярной подвижностью, внутри- и межмолекулярным взаимодействием. Для расширения температурной области перехода из стеклообразного состояния в вязкоэластичное в полимер (вязкоэластичный слой) вводят соответствующий пластификатор. Но потенциальные возможности такого воздействия являются весьма ограниченными.

Помимо того, требуется обеспечение улучшения технологических свойств виброшумодемпфирующих покрытий в отношении достижения 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 прокладок (возникающих при технологических процессах мойки, окраски и т. д.).

Таким образом, при использовании типичных виброшумодемпфирующих покрытий практически всегда необходимо решать следующие актуальные проблемы:

- улучшения их виброшумодемпфирующих свойств при возможном (реализуемом) сопутствующем снижении удельного поверхностного веса (толщины покрытий, их стоимости и т. п.);
- расширения рабочего эксплуатационного температурного диапазона виброшумодемпфирующих покрытий;
- повышения надежности и температурной стабильности адгезионных свойств в зонах сопряжения виброшумодемпфирующих покрытий с неплоскими поверхностными зонами несущих виброшумоактивных тонколистовых панелей, в том числе за счет увеличения пластичности вязкоэластичного слоя и/или повышения их адгезионных свойств, как правило, вызывающих существенный рост стоимости виброшумодемпфирующего покрытия.

Поставленная техническая задача решается за счёт того, что МАВШП выполняется в виде модульной структуры, образованной несущей матричной поверхностью армирующего слоя, на которой с использованием адгезионного промежуточного слоя упорядоченно, мозаичным способом, с образованием воздушных зазоров между противоположными торцевыми поверхностями смонтированы не менее чем две группировки обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок заданных геометрических форм, преимущественно треугольной, четырехугольной или правильной многоугольной, при их идентичных толщинах, каждая из которых изготовлена из различных, по крайней мере двух типов (марок) вязкоэластичных виброшумодемпфирующих веществ (материалов), с отличающимися физико-механическими свойствами, характеризуемыми заданными в ограниченных различных температурных диапазонах значениями модуля упругости и коэффициента потерь (рис. 7.1). Упорядоченное размещение и закрепление с обеспечением адгезионного сопряжения вязкоэластичных прокладок с поверхностью армирующего слоя предусматривает чередующийся, преимущественно шахматный порядок их поверхностного распределения, а образующиеся воздушные зазоры между смонтированными на поверхности армирующего слоя противоположными торцевыми поверхностями обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок находятся в диапазоне $t_3 = (0,1...6,0)h_{\text{вз}}$, где $h_{\text{вз}}$ – толщина вязкоэластичного слоя. При этом каждый из габаритных размеров проекций лицевых поверхностей каждой из обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок не менее чем в пять раз превышает толщину $h_{\text{вз}}$

вязкоэластичного слоя, а площадь проекции лицевой поверхности каждой из обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок на тыльную поверхность армирующего слоя составляет $2,5 \times 10^{-6} \dots 1 \times 10^{-2} \text{ м}^2$.

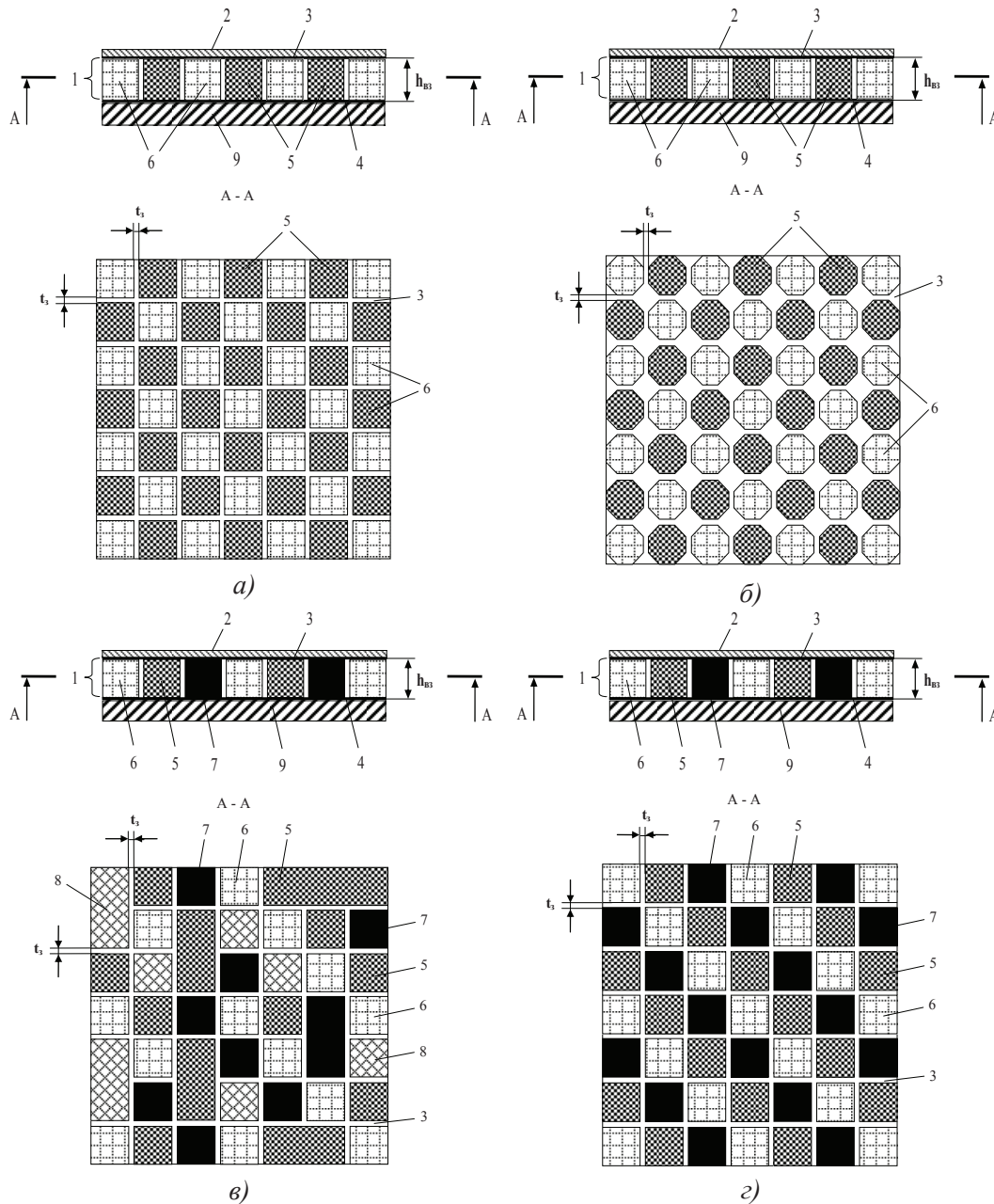


Рис. 7.1. Фрагменты поперечного и продольного разрезов различных концептуальных вариантов исполнения МАВШП, установленного на тонколистовой панели кузова АТС: 1 – вязкоэластичный слой; 2 – армирующий слой; 3 – адгезионный промежуточный слой; 4 – адгезионный монтажный слой; 5 – первый тип (марка) вязкоэластичного виброшумодемпфирующего вещества обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок вязкоэластичного слоя МАВШП; 6 – второй тип (марка) вязкоэластичного виброшумодемпфирующего вещества обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок вязкоэластичного слоя МАВШП; 7 – третий тип (марка) вязкоэластичного виброшумодемпфирующего вещества обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок вязкоэластичного слоя МАВШП; 8 – четвертый тип (марка) вязкоэластичного виброшумодемпфирующего вещества обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок вязкоэластичного слоя МАВШП; 9 – несущая тонколистовая панель; $h_{\text{вз}}$ – толщина вязкоэластичного слоя МАВШП; t_3 – воздушные зазоры, образованные упорядоченно располагаемыми противоположающимися торцевыми поверхностями обособленных плосколистных вязкоэластичных прокладок вязкоэластичного слоя

Улучшение виброшумодемпфирующих свойств МАВШП в заданном расширенном диапазоне рабочих эксплуатационных температур достигается за счет снижения удельного поверхностного веса такого типа МАВШП, эффективного осуществления преимущественно динамических деформационных сдвиговых процессов в каждом из отдельных температурных диапазонов, протекающих в вязкоэластичных структурах слоев, характеризующих каждую из используемых марок, по крайней мере, двух группировок (семейств) обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок. Таким образом, осуществляется температурно настроенное эффективное преобразование механической работы деформаций в рассеиваемую тепловую энергию, вносимое каждым из используемых (не менее двух семейств, группировок различных марок) виброшумодемпфирующих материалов, соответствующим образом упорядоченно распределенных по поверхности виброшумоактивной тонколистовой панели обособленных плосколистовых вязкоэластичных прокладок. Анализ сопоставляемых вариантов устройств виброшумодемпфирования одной и той же площади поверхности твердой колеблющейся структуры позволяет сделать вывод, что разработанное (предлагаемое) техническое решение при прочих идентичных условиях способствует использованию меньшей массы разнородных (различных марок) виброшумодемпфирующих веществ по отношению к вариантам устройств со сплошным многослойным монолитным покрытием, состоящим из нескольких, последовательно наложенных друг на друга вязкоэластичных слоев, покрывающих заданную площадь поверхности. Улучшаются также технологические и эксплуатационные свойства инновационного типа МАВШП, обусловленные исключением (ослаблением) процесса формирования ненадежной и нестабильной адгезионной связи его с сопрягаемой твердой поверхностью колеблющейся структуры вследствие потенциально возможного образования пузырчатых вздутий и растрескиваний вязкоэластичного слоя и/или монтажа его на неплоские изогнутые поверхности технических объектов (см. также техническое описание заявки на изобретение RU 2011123812).

8. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СХЕМ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРОВАННЫХ СТРУКТУР КОРПУСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ АТС

Описываемое техническое решение относится к отопительно-вентиляционным системам (ОВС) пассажирских помещений (кабин водителя) автотранспортных средств, дополнительно оборудованных устройствами уменьшения шума, генерируемого ОВС в обитаемом водителем и пассажирами пространстве пассажирского помещения (кабине водителя) АТС в процессе осуществления ими рабочих процессов, связанных с обеспечением заданных функциональных параметров температурного (климатического) комфорта.

Недостатком подавляющего большинства известных устройств ОВС пассажирского помещения (кабины водителя) АТС является отсутствие в их составе конструктивных элементов в виде интегрированных эффективных шумопоглощающих устройств, выполняющих функцию направленного подавления паразитных виброакустических излучений в процессе работы ОВС и тем самым способствующих обеспечению более высокого, приемлемого виброакустического комфорта для водителя и пассажиров, находящихся в пассажирском помещении (кабине водителя) АТС. Генерирование и интенсивная передача энергии звуковых волн, воспринимаемых водителем и пассажирами в виде раздражающего и утомляющего шума в пассажирском помещении (кабине водителя) АТС, обусловлены в первую очередь работой электровентилятора ОВС, сопровождаемой вибрационным возбуждением и звуковым излучением, а также движущимися турбулизированными вихреобразующими воздушными потоками при обтекании ими различных выраженных неоднородностей (неровностей и изгибов, щелевых сопряжений, острых кромок) как на корпусных элементах ОВС, так и на их регулирующих заслонках, при рабочих процессах всасывания и нагнетания воздуха ОВС. Генерируемые и распространяющиеся в пассажирское помещение (кабину водителя) звуковые волны обнаруживаются органами слуха водителя и пассажиров и классифицируются ими в виде надоедливого (раздражающего) утомляющего шума, снижающего акустический комфорт АТС, с неблагоприятным на них воздействием не только с точки зрения их самочувствия, но и безопасности эксплуатации АТС.

Задача описываемого технического решения заключается в улучшении виброакустических качеств ОВС, реализующих повышение виброакустического комфорта в пассажирском помещении (кабине водителя) АТС за счёт обеспечения эффективного подавления составляющей структурного корпусного шума процессом необратимого преобразования механической работы динамических изгибных деформационных колебаний тонкостенных корпусных элементов ОВС в необратимо рассеиваемую тепловую энергию.

Поставленная техническая задача решается за счёт того, что в разработанной конструкции ОВС пассажирского помещения (кабины водителя) АТС, содержащей корпусные и воздуховодные элементы, в частности корпус отопителя и корпус вентилятора, сообщённый посредством соединительного воздуховода с корпусом отопителя, полость которого посредством развитой сети распределительных окон и распределительных воздуховодных каналов сообщается с зонами обитаемого пространства пассажирского помещения (кабины водителя), которая включает, по крайней мере, один конструктивный элемент шумоглушения, который выполнен в виде не менее одной плосколистовой виброшумодемпфирующей прокладки (рис. 8.1). Такого типа прокладка содержит однослойный вязкоэластичный или двухслойный вязкоэластичный и армированный слои, поверхность её составляет не менее 30% общей площади

поверхности стенки соответствующего корпусного элемента. При этом плосколистопрокладочная виброшумодемпфирующая прокладка со слоем адгезионного покрытия смонтирована на отдельной ограниченной зоне поверхности стенки соответствующего корпусного элемента (рис. 8.2), которая перфорирована сквозными отверстиями, диаметр которых находится в диапазоне

$$d = (1,2...5,0) \times h_{cm},$$

они расположены с межцентровым шагом

$$b = (3,2...22,0) \times d,$$

а коэффициент перфорации ограниченной зоны поверхности стенки k_{nep} находится в диапазоне

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

где h_{cm} — толщина стенки соответствующего корпусного элемента; S_{nep} — суммарная площадь проекции сквозных отверстий перфорации на плоскость ограниченной зоны поверхности стенки соответствующего корпусного элемента; S_{np} — площадь лицевой поверхности монолитной плосколистной виброшумодемпфирующей прокладки (семейства из нескольких узкополосных прокладок), перекрывающей ограниченную зону поверхности стенки соответствующего корпусного элемента, содержащего сквозные отверстия перфорации. Толщина $h_{\text{вд}}$ вязкоэластичного слоя плосколистной виброшумодемпфирующей прокладки составляет

$$h_{\text{вд}} = (1,0...3,5) \times h_{cm},$$

а удельный поверхностный вес $g_{\text{вд}}$ материала её вязкоэластичного слоя

$$g_{\text{вд}} = (1,0...4,0) \times g_{cm},$$

где g_{cm} — удельный поверхностный вес конструкционного материала стенки соответствующего корпусного элемента в отдельной ограниченной зоне выполнения отверстий перфорации. Внешний армирующий слой на одной из концевых частей двухслойной армированной плосколистной виброшумодемпфирующей прокладки может выступать за габаритные размеры вязкоэластичного слоя, образуя незадемпфированную концевую часть, не сопряженную с поверхностью вязкоэластичного слоя (рис. 8.3).

Структуры материалов плосколистных виброшумодемпфирующих прокладок, монтируемых на стенках корпусных элементов ОВС, могут быть как однослойными, так и многослойными и в связи с этим могут содержать как исключительно вязкоэластичный слой (однослойные), так и вязкоэластичный слой в сочетании с внешним армирующим слоем (двухслойные армированные виброшумодемпфирующие прокладки). В состав виброшумодемпфирующих прокладок может входить также адгезионный монтажный и адгезионный промежуточный слои (для варианта армированных виброшумодемпфирующих прокладок).

При использовании разработанного технического решения результат достигается за счёт реализации образованных соответствующим образом виброшумодемпфированных ограниченных зон структур стенок, составляющих не менее 30% общей площади поверхности стенок корпусных элементов ОВС. В них интенсифицируются диссипативные энергетические процессы преобразования динамических сдвиговых деформаций в структуре вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующей прокладки в теплоту. Ввиду осуществленного процессом перфорирования первоначального снижения динамической жесткости (увеличением динамической податливости ограниченных зон стенок корпусных элементов ОВС) и возникающего последующего повышения степени вязкоэластичного демпфирования изгибных деформаций ограниченных перфорированных зон стенок корпусных элементов, происходит соответствующее снижение их механических колебаний и ослабление излучения ими структурного шума.

Эффект виброшумодемпфирования изгибных колебаний стенок возрастает вследствие преимущественного расположения ограниченных перфорированных зон со смонтированными на них виброшумодемпфирующими прокладками в пучностях изгибных форм колебаний на их низших резонирующих формах колебаний, т. е. низших собственных изгибных модах колебаний стенок корпусных элементов ОВС (см. также техническое описание заявки на изобретение RU 2011116501).

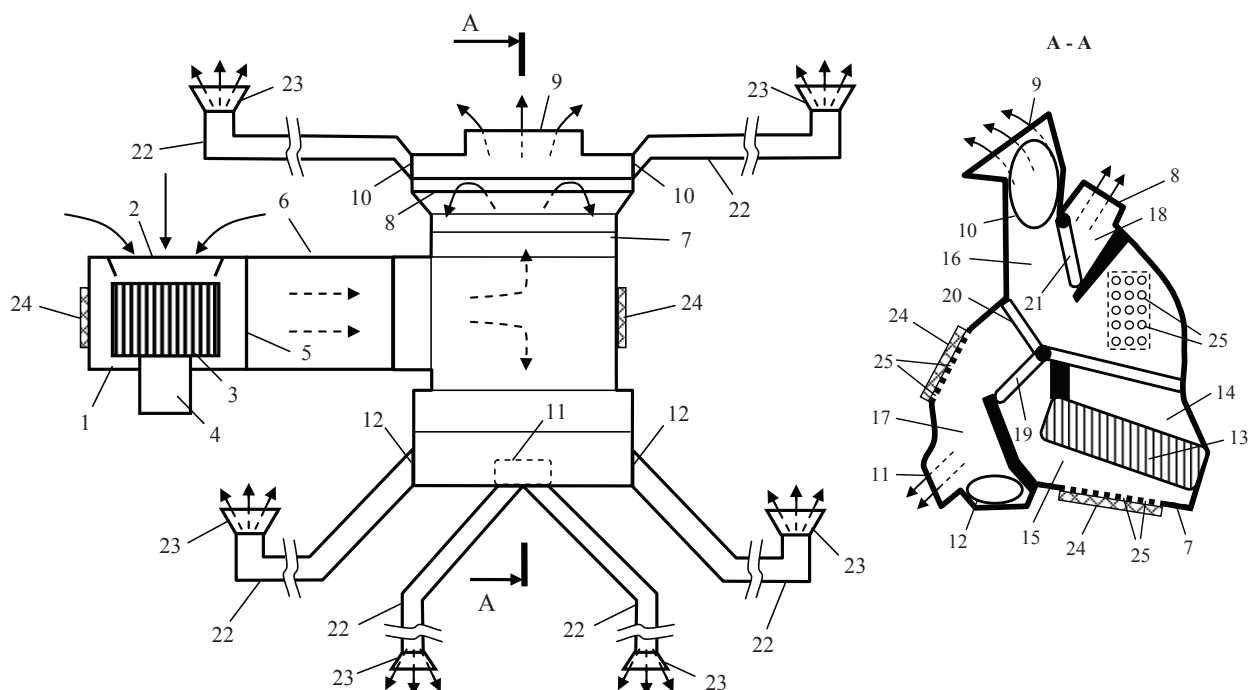


Рис. 8.1. Схема типичной конструкции ОВС пассажирского помещения (кабины) АТС, содержащей локализованные перфорированные ограниченные зоны, выполненные в стенках корпусных элементов, в которых смонтированы плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки: 1 – корпус электровентилятора; 2 – входное отверстие корпуса вентилятора; 3 – крыльчатка; 4 – электродвигатель; 5 – выходное окно корпуса вентилятора; 6 – соединительный воздуховод; 7 – корпус отопителя; 8...12, 14, 15 – подводящие и отводящие окна воздуховодов; 13 – теплообменник; 16...18 – камеры корпуса отопителя; 19...21 – регулирующие заслонки; 22 – распределительные воздуховодные каналы, сообщающие корпус отопителя с пространством пассажирского помещения (кабины водителя); 23 – концевые распределяющие устройства распределительных воздуховодных каналов; 24 – плосколистовая виброшумодемпфирующая прокладка; 25 – сквозные отверстия перфорации, выполненные в ограниченных зонах поверхности стенок корпусных элементов

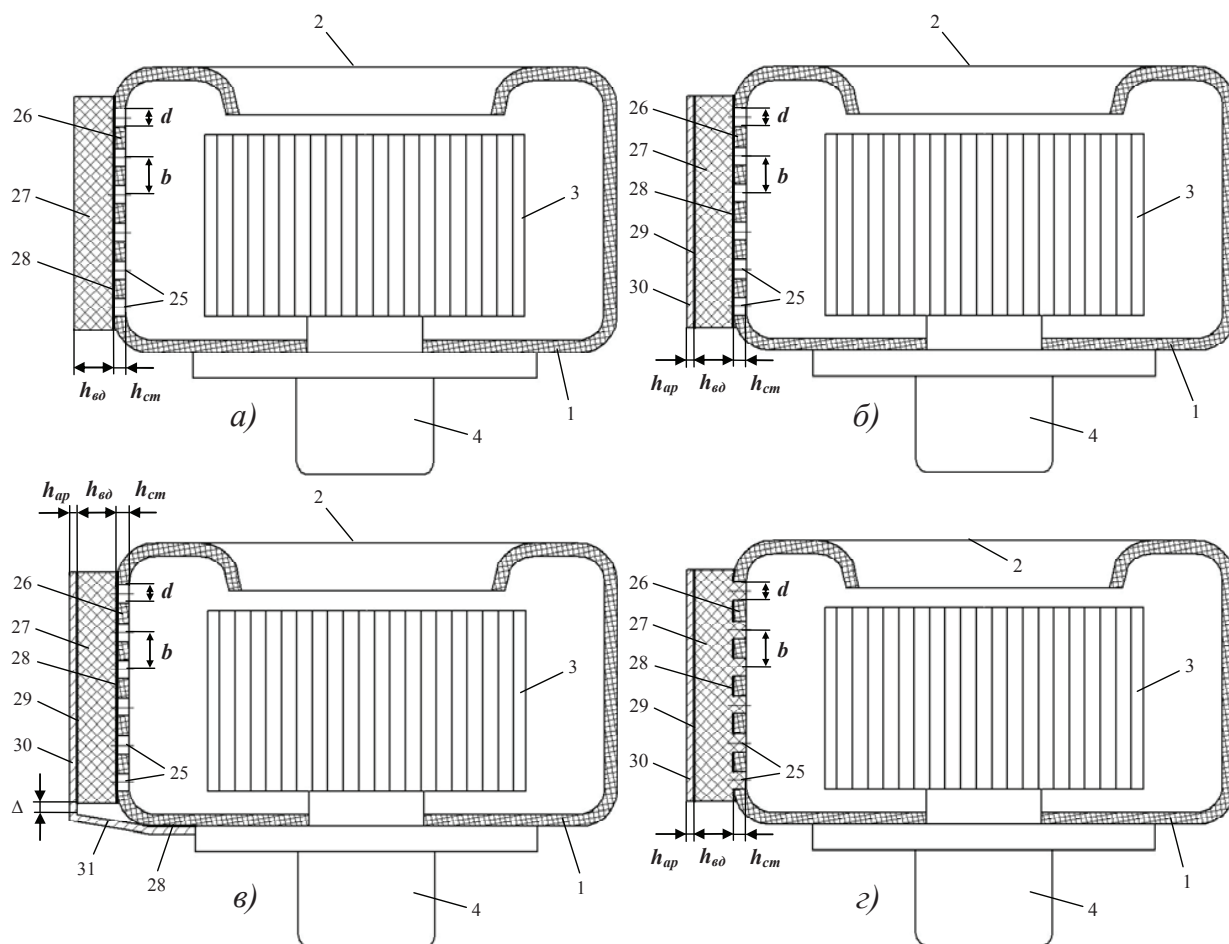


Рис. 8.2. Схема поперечного сечения корпуса вентилятора ОВС, ограниченная зона стенки которого перфорирована сквозными отверстиями, на которую посредством монтажного адгезионного слоя смонтирована плосколистовая виброшумодемпфирующая прокладка в различных вариантах структурного исполнения (а, б, в, з): 1 – корпус электровентилятора; 2 – входное отверстие корпуса вентилятора; 3 – крыльчатка; 4 – электродвигатель; 25 – сквозные отверстия перфорации; 26 – стенка корпусного элемента; 27 – вязкоэластичный слой; 28 – адгезионный монтажный слой; 29 – адгезионный промежуточный слой; 30 – внешний армирующий слой; 31 – свободная концевая часть армирующего слоя; d – диаметр отверстий перфорации; b – межцентровой шаг отверстий перфорации; $h_{ст}$ – толщина стенки корпусного элемента; $h_{вд}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; Δ – величина свободного незадемпфированного участка армирующего слоя

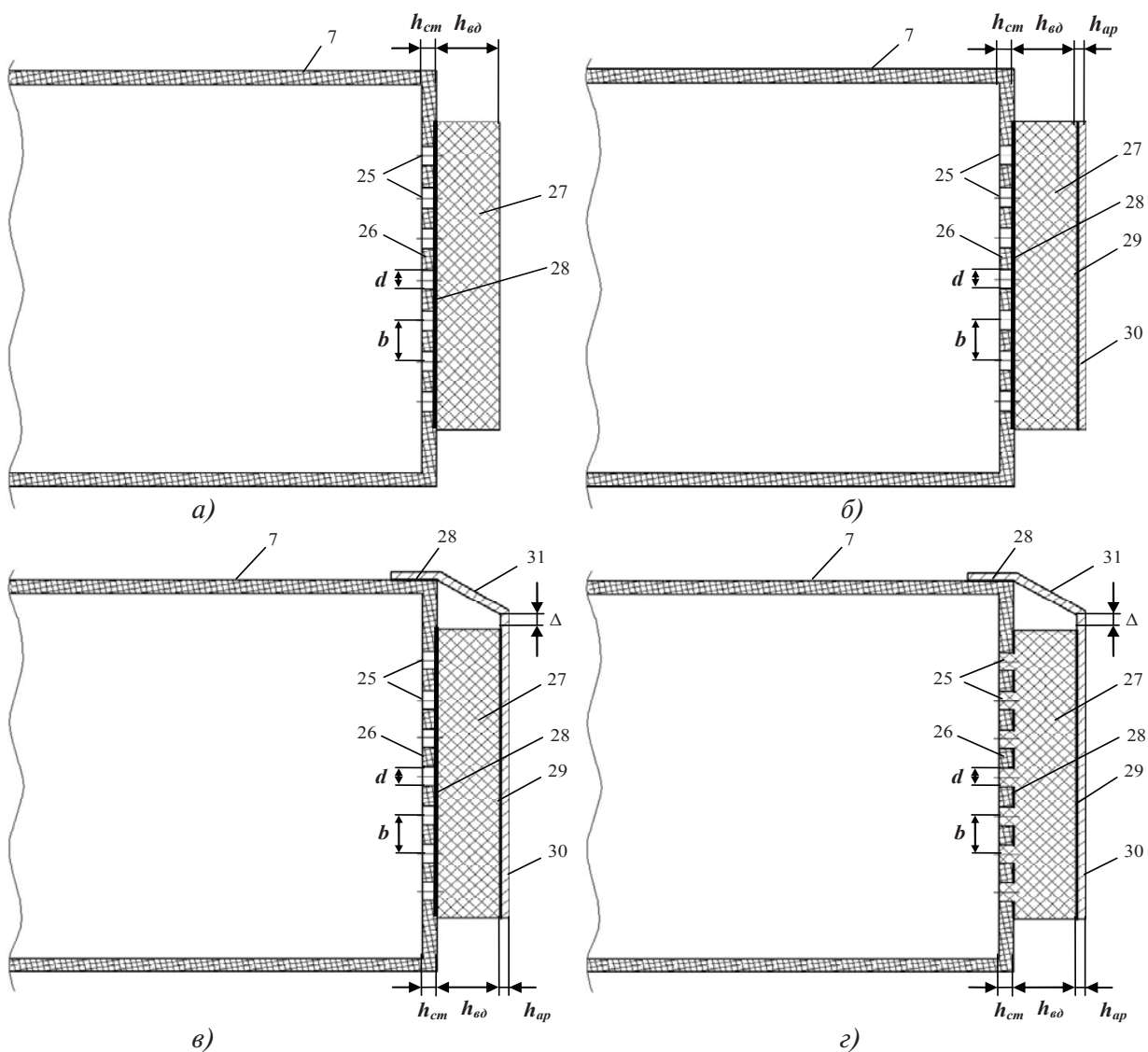


Рис. 8.3. Фрагментная схема поперечного сечения корпуса отопителя ОВС, ограниченная зона торцевой стенки которой перфорирована сквозными отверстиями, на которую смонтирована плосколистная виброшумодемпфирующая прокладка в различных вариантах структурного исполнения (а, б, в, г): 7 – корпус отопителя; 25 – сквозные отверстия перфорации; 26 – стенка корпусного элемента; 27 – вязкоэластичный слой; 28 – адгезионный монтажный слой; 29 – адгезионный промежуточный слой; 30 – внешний армирующий слой; 31 – свободная незадемпфированная концевая часть армирующего слоя; d – диаметр отверстий перфорации; b – межцентровой шаг отверстий перфорации; $h_{ст}$ – толщина стенки корпусного элемента; $h_{вд}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; Δ – величина свободного незадемпфированного участка армирующего слоя

9. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ СЛОИСТЫХ ВИБРОШУМОДЕМПФИРОВАННЫХ СТРУКТУР ПАНЕЛЕЙ КАБИНЫ ВОДИТЕЛЯ И/ИЛИ ПАССАЖИРСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ КУЗОВА АТС

Проведенные экспериментальные исследования позволили определить, что повышение степени виброшумодемпфирования несущих виброшумоактивных панелей, например кузова АТС, может быть достигнуто путем их перфорирования сквозными отверстиями в выявленных расчетным или экспериментальным путем зонах пучностей низших резонансных собственных форм изгибных колебаний, с дальнейшим монтажом на них (в эти зоны) виброшумодемпфирующих покрытий (полностью перекрывающих образованные отверстия перфорации в структурах несущих панелей) [31]. Отверстия перфорации панелей кузова выполняются с определенными эффективными соотношениями межцентровых расстояний, габаритных размеров отверстий и коэффициентов перфорации панелей. Технологическому процессу перфорирования с последующим виброшумодемпфированием перфорированных участков несущих панелей кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова АТС, как правило, не подвергаются лицевые кузовные панели (крыши, боковых дверей, боковин, капота, крышки багажника, крыльев и т. п.). Они не являются доминирующими источниками структурного шума в пассажирском помещении (кабине водителя) и в связи с этим не нуждаются в эффективном виброшумодемпфировании. С другой стороны, перфорирование перечисленных выше кузовных панелей нежелательно ни с точки зрения обеспечения (сохранения) их прямых функциональных свойств, ни с точки зрения эстетических (дизайнерских) и технологических свойств изготовления кузова.

Таким образом, в отдельных поверхностных зонах несущих панелей кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова АТС образуются многослойные композитные структуры, содержащие несущую перфорированную тонколистовую металлическую или полимерную панель и адгезионно смонтированное на ее поверхности виброшумодемпфирующее покрытие в виде плосколистовой прокладки (прокладок) заданной геометрической формы (преимущественно прямоугольной). Структура виброшумодемпфирующего покрытия панели кузова может быть как однослойной, так и многослойной и содержать в своем составе как исключительно вязкоэластичный слой, так и вязкоэластичный слой в сочетании с внешним армирующим слоем. В состав вибродемпфирующих покрытий может входить также адгезионный монтажный или адгезионный промежуточный слой (рис. 9.1 и 9.2).

Наибольшая шумопонижающая эффективность описанных слоистых композитных структур достигается при выполнении отверстий перфорации несущей панели диаметром $d_{омс(нн)} = (0,5...6,0) \times h_{2(ед)}$, их расположении с межцентровым шагом $b_{омс(нн)} = (2,0...20,0) \times d_{омс(нн)}$, при коэффициенте перфорации несущей панели в диапазоне $k_{пер(нн)} = \frac{S_{пер}}{S_{пр}} = 0,05...0,25$, где $h_{2(ед)}$ – толщина вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующей прокладки; $S_{пер}$ – суммарная площадь проекции отверстий перфорации на плоскость поверхности панели кузова, отсекаемой плоскостями, касательными к периферическим зонам отверстий перфорации; $S_{пр}$ – площадь лицевой поверхности виброшумодемпфирующей прокладки. В случае выполнения отверстий перфорации в структурах несущих панелей некруглой геометрической формы площадь проекции одного отверстия выбирается равной $S_{омс} = (0,7...1,2) \times 10^{-6} \times h_{эз}$, а межцентровой шаг отверстий перфорации $b_{омс(нн)} = (0,5...10) \times S_{омс}$. Отверстия перфорации

в структуре несущей панели могут быть расположены как равномерно (с постоянным шагом $b_{отв(ни)}$), так и неравномерно по локальной поверхностной зоне с заданным переменным значением межцентрового шага, например увеличивающимся от центральной зоны участка перфорирования к ее периферической части, выбранным в диапазоне $b_{отв(ни)} = (2,0...20,0) \times d_{отв(ни)}$, а также иметь различные габаритные размеры.

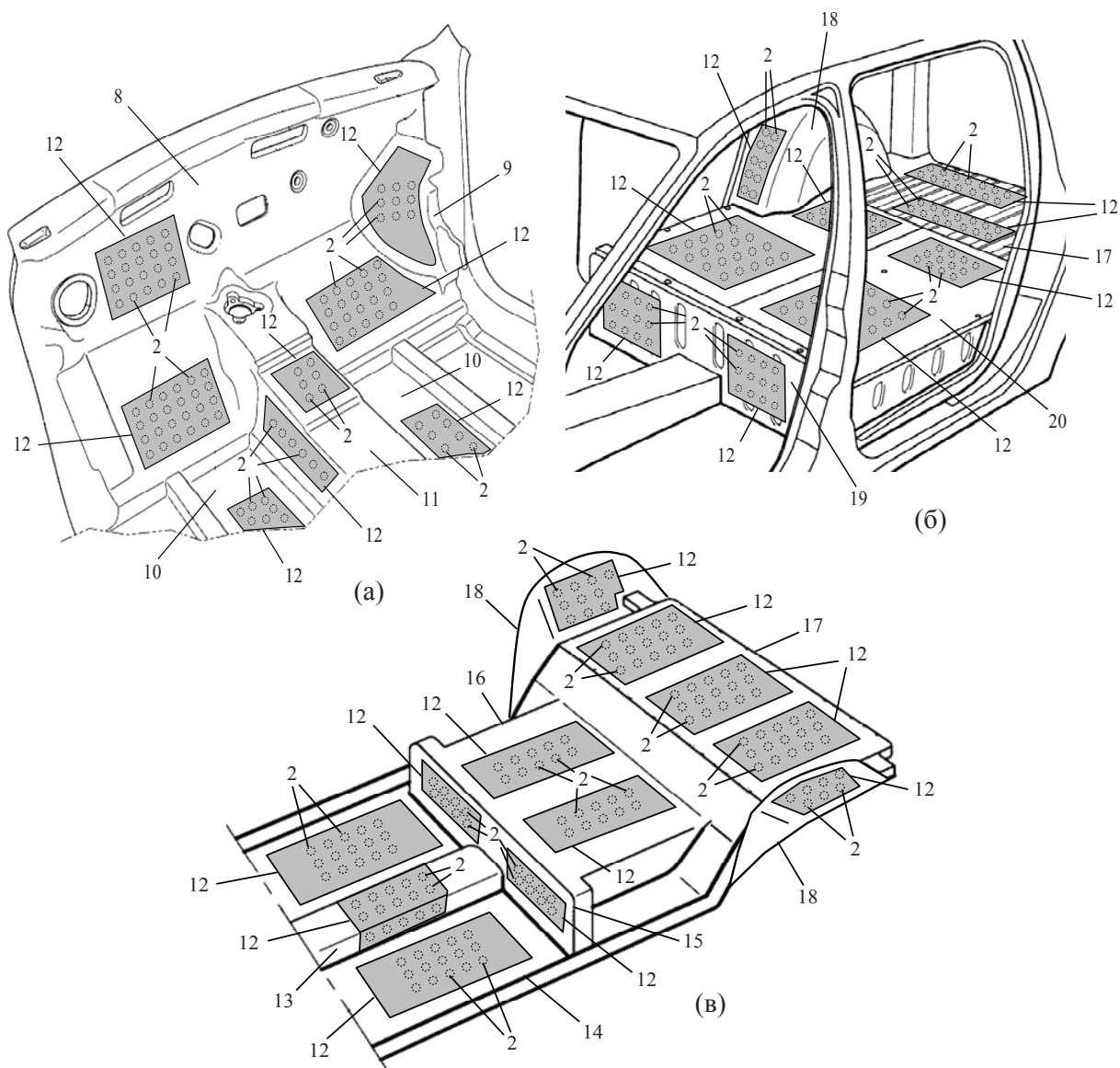


Рис. 9.1. Схема образованных фрагментов слоистых композитных структур в сочетании с перфорированными панелями кузова АТС, содержащих в локальных виброшумоактивных поверхностных зонах виброшумодемпфирующие прокладки: 2 – отверстия перфорации панели (зоны панели); 8 – панель щитка передка; 9 – панели арок передних колес; 10 – панели переднего пола; 11 – панели передней части тоннеля пола; 12 – плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки; 13 – задняя часть тоннеля пола; 14 – панели среднего пола; 15 – вертикальная панель пола перед задним сиденьем; 16 – панель пола под задним сиденьем; 17 – панели пола багажного отделения; 18 – панели арок задних колес; 19 – вертикальная панель среднего пола; 20 – горизонтальная панель среднего пола

Принимаемая нижняя граница эффективного диапазона изменения коэффициента перфорации несущих панелей кузова, обеспечивающего в составе слоистой композитной структуры приемлемый эффект виброшумодемпфирования несущей кузовной

панели, обусловлена тем, что при $k_{пер(пн)} < 0,05$ не достигается заданного (более 0,05) повышения значений приведенного композитного коэффициента потерь слоистой композитной структуры панелей кузова в диапазоне рабочих эксплуатационных температур $+20...+80^{\circ}\text{C}$.

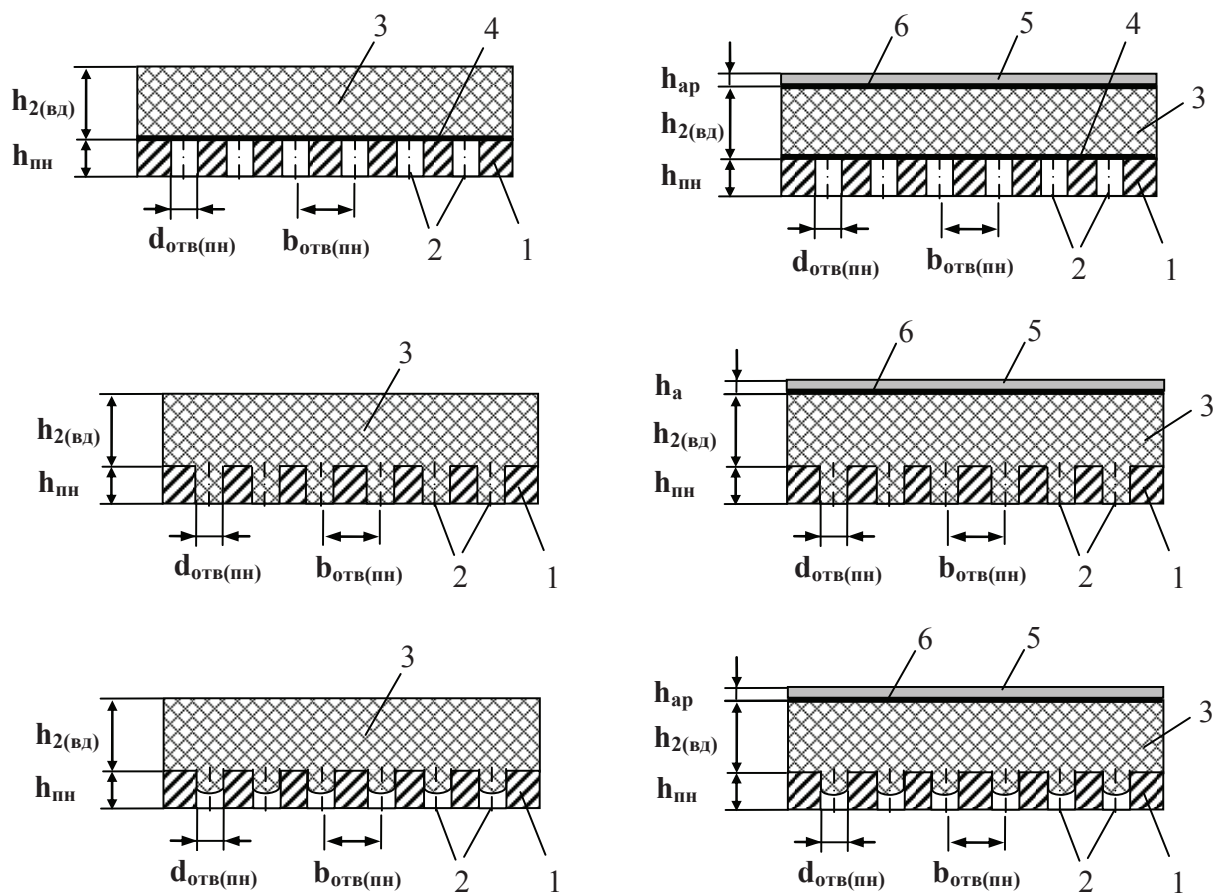


Рис. 9.2. Примеры схем демпфированных слоистых композитных структур в составе фрагментной зоны перфорированной несущей панели кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова транспортного средства с адгезионно смонтированной на ее поверхности плосколистовой однослойной виброшумодемпфирующей прокладкой: $h_{пн}$ — толщина несущей панели; $h_{2(вд)}$ — толщина вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующего покрытия; $h_{ар}$ — толщина армирующего слоя виброшумодемпфирующего покрытия; $b_{отв(пн)}$ — межцентровой шаг отверстий перфорации несущей панели; $b_{отв(вз)}$ — межцентровой шаг отверстий перфорации вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующего покрытия; $d_{отв(пн)}$ — диаметр отверстий перфорации несущей панели; 1 — несущая панель; 2 — отверстия перфорации несущей панели; 3 — вязкоэластичный слой виброшумодемпфирующего покрытия; 4 — монтажный адгезионный слой; 5 — армирующий слой виброшумодемпфирующего покрытия; 6 — промежуточный адгезионный слой

Ограничение верхнего значения заявляемого диапазона изменения коэффициента перфорации исследуемой структуры панелей кузова $k_{пер(пн)} \leq 0,25$ обусловлено преимущественно необходимостью обеспечения заданных (достаточных) прочностных и жесткостных эксплуатационных характеристик кузова АТС в отношении его долговечности и безопасности.

При монтаже виброшумодемпфирующего покрытия (в виде обособленных плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок) на поверхность несущей панели виброшумодемпфирующее вещество его вязкоэластичного слоя частично или полностью может заполнять полости отверстий перфорации, выполненные в структуре

несущей панели. Виброшумодемпфирующее покрытие несущей панели кузова может содержать в своем структурном составе перфорированные вязкоэластичный, армирующий и адгезионные (промежуточный и/или монтажный) слои. При этом в процессе их адгезионного сопряжения не должны образовываться сквозные (неперекрываемые сопрягаемыми слоями вибродемпфирующей прокладки и несущей кузовной панели) каналы, т. е. образованная слоистая композитная структура должна обладать свойством герметичного кузовного элемента.

При использовании перфорированной структуры несущей панели в составе с сопрягаемым слоем плосколистого неперфорированного виброшумодемпфирующего покрытия (плосколистовой вибродемпфирующей прокладки) и образующейся при этом слоистой композитной структуры в диапазоне изменения рабочих эксплуатационных температур $+20...+80^{\circ}\text{C}$ усиливается процесс динамических деформаций сдвига вязкоэластичного слоя. С одной стороны, данное увеличение величин динамических сдвиговых деформаций вызвано снижением динамической жесткости (увеличением динамической податливости) несущей панели в локализованных зонах монтажа вибродемпфирующих покрытий, что влечет соответствующее увеличение амплитуд динамических деформаций в структуре вязкоэластичного слоя и рост диссипативных потерь в образованной слоистой композитной структуре.

При относительно малых значениях величин коэффициента перфорации ($k_{пер(ни)} < 0,05$) несущей формообразующей панели кузова происходит, по сути, сохранение исходных (недостаточно высоких) виброшумодемпфирующих свойств образованной слоистой композитной структуры (относительно варианта неперфорированной несущей панели) вследствие незначительного снижения ее изгибной жесткости с несущественным локальным усилением амплитуд динамических деформаций такой композитной структуры. При значениях величин коэффициента перфорации $k_{пер(ни)} > 0,25$ происходит уже существенное неприемлемое снижение изгибной жесткости демпфируемых несущих панелей, что может оказывать негативное влияние на прочностные, безопасностные и долговечностные характеристики кузова транспортного средства. Необходимо отметить, что в указанном эффективном диапазоне коэффициента перфорации структур несущих панелей $k_{пер(ни)} = 0,05...0,25$ происходит улучшение их виброакустических характеристик в широком диапазоне эксплуатационных температур $+20...+80^{\circ}\text{C}$. Также обеспечивается снижение удельного веса несущих панелей (до 25% – в локализованных зонах расположения вибродемпфирующих покрытий) и снижение массы используемого вязкоэластичного вещества виброшумодемпфирующего покрытия вследствие образуемого более эффективного механизма виброшумодемпфирования такого типа перфорированной несущей панели в составе слоистой композитной структуры в сравнении с вариантом сплошной панели кузова. Достижение более высоких значений приведенного композитного коэффициента потерь в слоистых композитных виброшумодемпфированных структурах в составе перфорированных несущих кузовных панелей позволяет использовать более тонкие вибродемпфирующие покрытия. Это способствует достижению улучшенных весо-габаритных показателей, а также позволяет применять более дешевые, обладающие меньшей виброшумодемпфирующей эффективностью вещества вязкоэластичного слоя, избегать неоправданного использования армирующего слоя, удорожающего виброшумодемпфирующее покрытие. С другой стороны, это дает возможность попутно улучшать качество производимых в процессе изготовления транспортных средств (легковых автомобилей) лакокрасочных покрытий кузовов за счет образуемого дополнительного эффективного отвода избыточного количества моющих и красящих веществ с поверхностей панелей, свободно стекающих через перфорированные зоны кузовных панелей в технологических

процессах окраски кузова транспортного средства. Также исключается возможное образование пузырчатых вздутий вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий в составе слоистых композитных структур в процессе технологической сушки кузова, что обеспечивает более качественную адгезию вязкоэластичного слоя по всей поверхности прилегания (сопряжения) к встречной поверхности виброшумоактивной панели кузова, что дополнительно улучшает (обеспечивает стабильность) эффективность виброшумодемпфирования.

При частичном или полном заполнении полостей отверстий перфорации локализованных зон панелей кузова виброшумодемпфирующим веществом вязкоэластичного слоя, наряду с повышением эффекта виброшумодемпфирования, реализуются эффекты увеличения полезного пространства пассажирского помещения (кабины водителя) транспортного средства. Ввиду возникающего в связи с этим более высокого виброшумодемпфирования, возможно использовать менее эффективные тонкие вибродемпфирующие прокладки, а также уменьшать толщину вязкоэластичного слоя, расположенного над поверхностью кузовной панели, вследствие частичного компенсирующего прохождения виброшумодемпфирующего вещества в полости перфорированных отверстий. Использование такого варианта монтажа виброшумодемпфирующих покрытий на перфорированных участках панелей кузова позволяет обеспечивать более высокую адгезионную связь составных слоев образуемой слоистой композитной структуры (панель кузова – вязкоэластичный слой виброшумодемпфирующего покрытия) при исключении применения дорогостоящих адгезионных веществ (липкого клеевого, термоадгезивного слоев). Таким образом, возможно применять более дешевые адгезионные вещества с пониженными адгезионными свойствами. Актуальным такое использование виброшумодемпфирующих покрытий является для установки на панелях кузова, располагаемых наклонно или вертикально (щиток передка, панель за задним сиденьем, отделяющая пространство пассажирского помещения от багажного отделения легкового автомобиля), или на выпукло-вогнутые поверхности кузовных панелей типа колесных арок, ниши запасного колеса.

Применение перфорированных панелей в составе структуры кузова с адгезионно сопряженными виброшумодемпфирующими покрытиями сохраняет выполнение ими функций герметизации пространства кабины (пассажирского помещения) от попадания в него пыли, влаги, выхлопных и картерных газов, паров топлива и масла, что не влечет улучшения одних функциональных свойств (виброакустических, весовых, технологических, стоимостных) за счет ухудшения других (герметизации).

Представленная концепция слоистых композитных структур панелей кузова транспортных средств обладает также важным технологическим и стоимостным преимуществом – использование более простых и дешевых технологий изготовления неперфорированных плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов (как в однослойном исполнении из вязкоэластичного вещества, так и в составе двухслойных армированных виброшумодемпфирующих материалов). Технологические процессы перфорирования металлических листовых материалов (стальных, алюминиевых), из которых изготавливаются несущие формообразующие панели кузовов АТС (легковых автомобилей, автобусов, кабин грузовиков), освоены уже продолжительное время и доведены практически до стадий технического совершенства. Они, в частности, могут быть заимствованы из технологий производства перфорированных перегородок и сворачиваемых трубчатых элементов конструкций глушителей шума выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств, перфорированных панелей корпусных элементов бытовой техники (холодильников, кондиционеров, пылесосов, пароварок, стиральных машин) и др. (см. также техническое описание патента РФ на изобретение RU 2449904)

10. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И РАЗРАБОТОК ЭФФЕКТИВНЫХ ШУМОПОНИЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН

Основные технические направления повышения виброшумодемпфирующих свойств материалов и разработок эффективных шумопоглощающих элементов конструкций машин осуществляются следующими техническими приемами.

1. Эффективным адгезионным закреплением на изгибно-деформирующейся колеблющейся поверхности виброшумоактивной тонкостенной конструкции детали механизма (машины) определенного типа и марки слоя вязкоэластичного виброшумодемпфирующего материала, обладающего повышенным внутренним трением (однослойного, многослойного, армированного, с отнесенным слоем, мягкого, жесткого, комбинированного, структурированного перфорированного, структурированного узкополосного и т. п.), с образованием слоистой композитной структуры, реализующей диссипацию энергии механических колебаний в процессе динамических деформаций растяжения, сжатия, сдвига (*см. патенты РФ на изобретения RU 2333545, RU 2351995, RU 2442704, RU 2465143, RU 2449904*).

2. Выбором в рассматриваемом известном семействе производимых типов и марок виброшумодемпфирующих материалов приемлемых рациональных соотношений физических характеристик, структурного состава, технологических способов их монтажа на виброшумоактивной поверхности заданной детали (узла, механизма), реализуемым, в частности:

- принятым определенным соотношением толщин (поверхностных плотностей) вязкоэластичного, армирующего, отнесенного, клеевого монтажного, клеевого промежуточного слоев (*см. патенты РФ на изобретения RU 2333545, RU 2351995, RU 2442704 и RU 2449904*);

- заданными величинами модулей упругости и сдвига, коэффициента потерь, показателей жесткости составных слоев (*см. патент РФ на изобретение RU 2351995*);

- определением зон эффективного месторасположения виброшумодемпфирующего материала на виброшумоактивной поверхности детали механизма машины (*см. патенты РФ на изобретения RU 2442704 и RU 2449904*);

- минимизацией площади поверхности (поверхностной массы) виброшумодемпфирующего покрытия;

- подбором приемлемых типов (по соответствующим технологическим характеристикам и эксплуатационным свойствам) адгезионных веществ и способов их монтажного закрепления на виброшумоактивной поверхности детали (определенной технологической процедурой непосредственного термоприплавания поверхностной структуры вязкоэластичного слоя с сопрягаемой поверхностью детали, использованием в качестве промежуточных адгезионных слоев термоактивных веществ «термоадгезивов» или применением определенных марок липких клеевых веществ).

3. Количественным дозированным введением, с последующим объемным распределением, в структуру вязкоэластичного слоя определенных пластифицирующих, наполнительных, связующих и армирующих веществ с целью обеспечения эффективных (приемлемых) технологических и эксплуатационных (виброшумодемпфирующих) свойств материалов в заданных рабочих температурных диапазонах (для расширения их эффективного рабочего температурного диапазона) в области стеклования (переходной от стеклоподобного к резиноподобному состоянию материала).

4. Поддержанием максимальных значений коэффициента потерь слоя вязкоэластичного вещества виброшумодемпфирующего материала в заданной области изменения рабочих эксплуатационных температур технического объекта:

– по результатам выполненной температурной топологической адаптации виброшумодемпфирующих покрытий под выявленные доминирующие температурные поля виброшумоактивных панелей технических объектов на их рабочих эксплуатационных режимах, обеспечиваемой подбором соответствующих типов (марок) виброшумодемпфирующих покрытий, эффективных (с максимальными значениями коэффициента потерь) в указанных температурных диапазонах [9];

– использованием композиции виброшумодемпфирующего покрытия, базирующейся на смешанном (упорядоченном чередующемся) мозаичном поверхностном зазорном распределении по поверхности армирующего слоя вязкоэластичных плосколистных фрагментов заданных геометрических форм и габаритных размеров, изготовленных из различных типов (марок) виброшумодемпфирующих веществ (материалов), обладающих различными (отличающимися) температурными диапазонами эффективности (наделенных заданными повышенными виброшумодемпфирующими свойствами в конкретных температурных диапазонах), обеспечивающими результирующий расширенный рабочий температурный диапазон эффективного виброшумодемпфирования (*см. заявку на изобретение RU 2011123812 от 15.06.2011 г.*);

– преднамеренным управляемым температурным подогревом (жидкостным, воздушным, электроподогревом) или соответствующим охлаждением вязкоэластичных структур композитных виброшумодемпфирующих покрытий, смонтированных на поверхностях тонкостенных деталей и узлов технических объектов, для обеспечения нахождения эффективного диапазона демпфирования в области рабочих температур вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий.

5. Технологическим вспениванием вязкоэластичных веществ виброшумодемпфирующих материалов с образованием пустотелых полостей и/или введением различных минеральных включений (слюды, стеклянных шариков), способствующих получению облегченных структур виброшумодемпфирующих материалов типа «ультралайт», обладающих приемлемо высокими виброшумодемпфирующими свойствами.

6. Применением модификационного структурирования виброшумодемпфирующих материалов и конструктивных элементов виброшумодемпфирующих покрытий, осуществляемых:

– рациональными схемами перфорирования структур вязкоэластичного и/или армирующего слоя в составе плосколистных виброшумодемпфирующих покрытий, позволяющих управлять демпфирующими, весо-габаритными, стоимостными, технологическими и эксплуатационными характеристиками указанных покрытий (*см. патенты РФ на изобретения RU 2351995, RU 2333545, RU 2449904, RU 2465143 и заявку на изобретение RU 2011116501 от 26.04.2011 г.*);

– рациональными схемами узкополосного дробления с последующим поверхностным обособленным распределением и адгезионным закреплением фрагментов вязкоэластичного слоя в составе плосколистного армированного виброшумодемпфирующего материала, смонтированного на виброшумоактивной поверхности тонкостенной структуры детали (узла) технического объекта (*см. патенты РФ на изобретения RU 2465143, RU 2438911, RU 2442704*);

– реализацией усиленного сдвигового деформационного механизма рассеивания вибрационной энергии, осуществляемого вязкоэластичным слоем в составе композитной структуры с армированным виброшумодемпфирующим покрытием, в процессе совершения изгибных деформаций несущей панели детали (узла, механизма) машины путем жесткого консольного защемления армирующего слоя виброшумодемпфирующего покрытия на изгибно-колеблющейся структуре несущей тонколистовой панели

детали (узла, механизма) машины (см. патенты РФ на изобретения RU 2442704, RU 2465143 и заявку на изобретение RU 2011116501 от 26.04.2011 г.);

– преднамеренным изменением (уменьшением) толщины несущей панели виброшумоактивной детали (и/или дополнительного перфорирования ее стенки) в составе технического объекта для обеспечения ее последующего более эффективного демпфирования используемым виброшумодемпфирующим ламинатным покрытием (например, жестким армированным) с превращением такого типа элемента несущей конструкции в многослойную композитную структуру, обладающую более высокими виброшумодемпфирующими свойствами (см. патент РФ на изобретение RU 2449904, патент РФ на полезную модель RU 22552).

7. Использованием неплоских цельноформованных, заданной пространственно-геометрической формы виброшумодемпфирующих прокладок, обеспечивающих качественное поверхностное сопряжение вязкоэластичного слоя прокладок с аналогичного типа встречной поверхностью неплоской геометрической формы несущей виброшумоактивной панели (см. патент РФ на изобретение RU 2097226).

8. Применением различных конструктивно-технологических приемов улучшения адгезионных связей между сопрягаемыми поверхностями виброшумодемпфирующих прокладок и несущими виброшумоактивными панелями путем введения в структурах прокладок дополнительных вырезов, разрезов и перфорированных отверстий, компенсирующих возникающие монтажные (допуски на изготовление) и температурные деформационные отклонения (см. патент РФ на изобретение RU 2097226).

9. Формообразованием со стороны монтажных поверхностей структур вязкоэластичного слоя виброшумодемпфирующих покрытий, сопрягаемых с встречной поверхностью виброшумоактивной тонкостенной поверхности технического объекта, тисненых углублений (каналов), обеспечивающих улучшение их технологических и эксплуатационных свойств, выполняющих эвакуацию моющих и красящих веществ при технологических процессах изготовления технических объектов, обеспечивающих исключение образований вздутий и растрескиваний вязкоэластичного слоя в процессах высокотемпературной технологической сушки окрашенных технических объектов, производящих эвакуацию конденсата в процессе эксплуатации технических объектов (см. патенты РФ на изобретения RU 2333545, RU 2351995).

10. Использованием (формообразованием) вязко-жидкостных масляных или топливных прослоек, заполняющих полостные зазоры между колеблющейся виброшумоактивной корпусной деталью и близкорасположенной отражающей стенкой (сплошной, перфорированной, пористой открыто- или закрытоячейистой структуры) в конструкции узла, например поддона картера ДВС, как это представлено в технических описаниях патентов РФ на изобретения RU 2115007, RU 2115005, RU 2131986, или топливного бака системы питания ДВС, как это представлено в технических описаниях патентов РФ на изобретения RU 2170362, RU 2165542.

11. Использованием дополнительных сопутствующих механизмов вибродемпфирования, реализуемых в составе штатных структур несущих тонкостенных панельных элементов деталей механизмов и машин, например, вносимых сварными швами, смонтированным пакетом шумотермоизоляции, закрепленными присоединенными трубопроводными системами, установленными навесными агрегатами и конструктивными модулями типа сидений и кокпита – в пассажирском помещении (кабине водителя), закрепленным к кузову запасным колесом – в багажном отделении АТС, используемыми штатными герметизирующими заглушками технологических отверстий панелей кузова, наделенными сопутствующими свойствами виброшумодемпфирования и т. п.

12. Подключением к поверхностной зоне локализации пучности колебаний пластинчатой конструкции узла или агрегата АТС виброшумодемпфирующих устройств

типа частотонастроенных вибропоглотителей, выполняемых в виде резино-металлических antivибраторов (динамических виброгасителей), содержащих вязкоупругий диссипативный элемент, в котором реализуются рабочие динамические деформации растяжения-сжатия и сдвига [37; 38].

13. Проведением настроенного виброшумодемпфирования изгибно-колеблющихся панельных элементов технических объектов в выявленных расчетными или экспериментальными методами локализаций зон пучностей собственных колебательных мод путем соответствующего размещения на их поверхностях вязкоэластичных виброшумодемпфирующих веществ и/или виброшумодемпфирующих конструкций (см. патенты РФ на изобретения RU 2151708, RU 2097226); предусматривает использование технических устройств типа виброшумодемпфирующего узла с распределенными параметрами колебательной системы, обладающего несколькими степенями свободы, выполняемого в виде прокладки из вязкоэластичного материала и присоединенной ограниченных габаритов армирующей пластины (ребра), адгезионно сопряженных поверхностными зонами с виброшумоактивной поверхностью детали; в рабочем (эксплуатационном) температурном диапазоне соблюдаются заданные диапазоны эффективных значений модуля упругости, плотности и толщины вязкоэластичного слоя прокладки (см. патенты РФ на изобретения RU 2149272, RU 2148724, RU 2144620, RU 2199454, RU 2149788).

14. Обеспечением эффектов виброшумодемпфирования ребристых элементов конструкций деталей машин путем безазорного опорного замыкания вершин колеблющихся ребер с вязкоупругой структурой охватывающей оболочки вибродемпфирующего покрытия (см. патент РФ на изобретение RU 2102621) или безазорным опорным введением в межреберные пространства вязкоэластичного вибродемпфирующего вещества (см. патенты РФ на изобретения RU 2209326, RU 2333371).

15. Применением слоеных (многослойных) «сэндвичевых» виброшумодемпфирующих материалов, включающих промежуточный вязкоэластичный вибродемпфирующий полимерный слой, размещенный внутри тонколистовых металлических (полимерных) структур, с образованием трехслойных композиций МПМ (металл-пластик-металл), при соответствующем выборе типов (характеристик) вязкоупругих полимеров, соотношений толщин полимерных и металлических слоев (см. патенты РФ на изобретения RU 2115813, RU 2115814, RU 2117792, RU 2117175, RU 2115012, RU 2333376).

16. Комбинированным использованием в составе виброшумодемпфирующей структуры разнородных многослойных вибродемпфирующих покрытий (например, сочетаний «жестких» и «мягких»), совмещающих несколько механизмов диссипации виброакустической энергии, генерируемой несущими тонкостенными конструкциями деталей и узлов механизмов и машин, с реализацией совместно протекающих динамических деформаций растяжения, сжатия и сдвига, что позволяет управлять (расширять) частотным диапазоном эффективного демпфирования, например, нанесением «мягкого» вибродемпфирующего покрытия поверх «жесткого» с соответствующим образом подобранными техническими параметрами этих покрытий (см. патент РФ на изобретение RU 2172853).

17. Введением разделительных вибропоглощающих элементов, интегрированных в состав несущих элементов перекрытий и кожухов, для ослабления притока и отдачи (ослабления передачи) вибрационной энергии на присоединенные корпусные детали, узлы и агрегаты машин, обеспечивающих уменьшение производимого ими звукового излучения (см. патенты РФ на изобретения и полезные модели RU 2217726, RU 22551, RU 23501, RU 23504, RU 26130, RU 26131).

18. Применением несущих силовых конструкций деталей и узлов машин, материалы которых обладают повышенными диссипативными свойствами (повышенным

внутренним трением, характеризуемым коэффициентом потерь материалов), изготовленных, например, из пористого волокнистого материала – ПВМ, пористого сетчатого материала – ПСМ, металлорезины – МР (см. патенты РФ на изобретения RU 2115006, RU 2115814, RU 2106996, RU 2134356, RU 2126901, RU 2126899, RU 2102621, RU 2145385, RU 2149271).

19. Использованием сыпучих (дробленых) виброшумодемпфирующих веществ (кварцевого песка, чугуновой или свинцовой дробы или смесей указанных материалов в определенных пропорциях) для заполнения полостей виброшумоактивных и/или шумопередающих коробчатых силовых несущих элементов конструкций технических объектов (см. патенты РФ на изобретения и полезные модели RU 2202774, RU 2217726, RU 22329, RU 22387, RU 22551, RU 23501, RU 40794, RU 40795, RU 48063 и публикацию [39]).

20. Использованием в качестве конструкционных несущих силовых и корпусных деталей механизмов машин вибропоглощающих сплавов с высокими внутренними потерями, реализуемыми на границе фаз, например двухфазных материалов, в которых в основной структуре (фазе) определенным образом распределены мелкодисперсные включения второй фазы (например, в чугуне – между металлической основой и частицами графита, в двухфазных сплавах типа «марганец – медь», «никель – медь» и др.).

11. ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШУМОПНИЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН

Патент РФ на изобретение RU 2333545

«Виброшумодемпфирующая плосколистовая прокладка»

Авторы: Паньков Л.А.,
Фесина М.И., Краснов А.В.

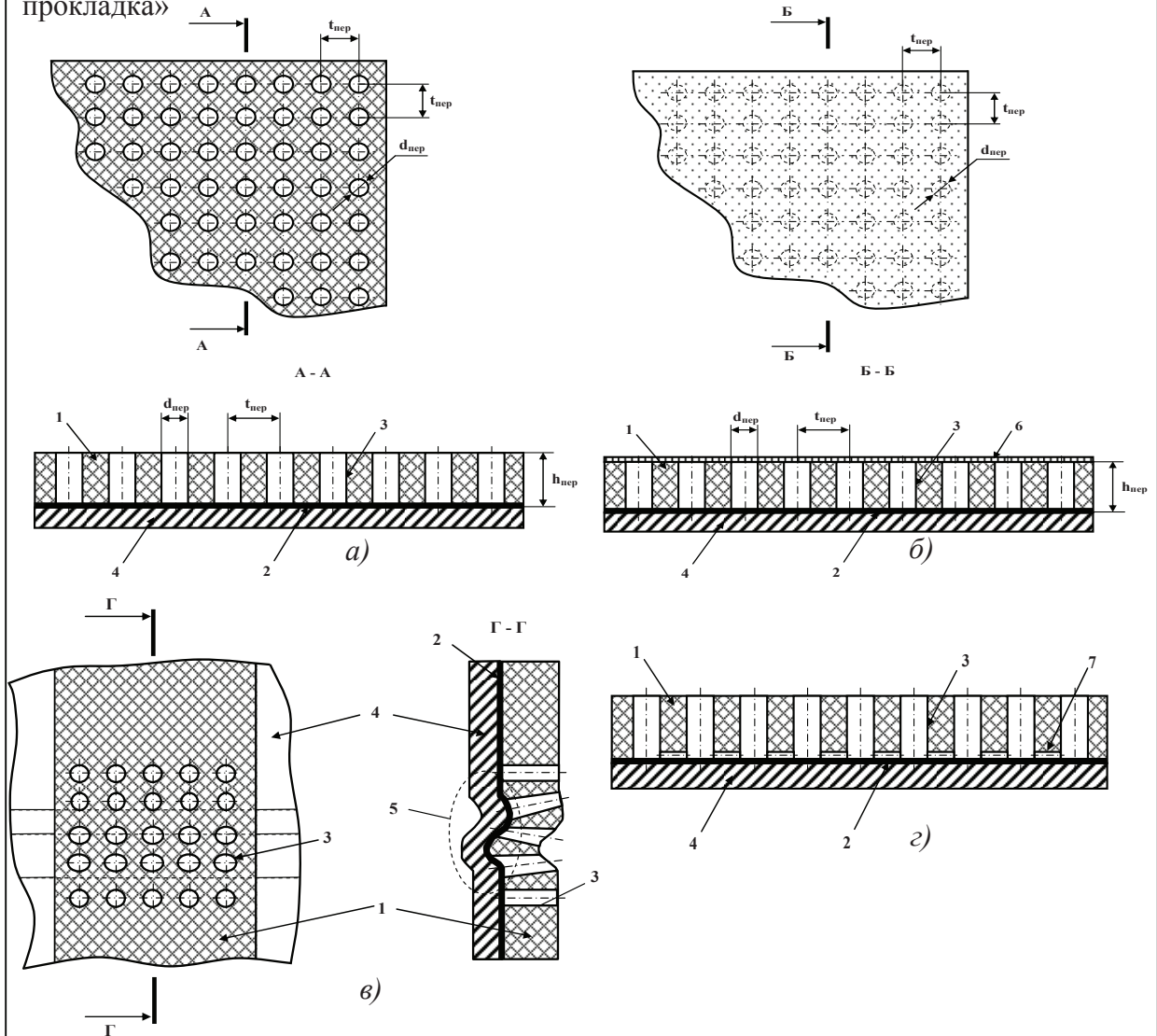


Рис. 11.1. Фрагмент вида на лицевую поверхность и поперечный разрез виброшумодемпфирующей плосколистовой прокладки, смонтированной на тонколистовой панели (а, б, з), схема монтажа виброшумодемпфирующей плосколистовой прокладки на тонколистовую панель, имеющую рельефную выпукло-вогнутую поверхность (в):

1 – вязкоэластичный слой; **2** – монтажный адгезионный слой; **3** – отверстия перфорации; **4** – несущая тонколистовая панель; **5** – зона выраженной рельефной выпукло-вогнутой поверхности; **6** – воздухопроницаемый защитно-декоративный слой; **7** – тиснения вязкоэластичного слоя; $h_{пер}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $t_{пер}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации; $d_{пер}$ – диаметр отверстий перфорации

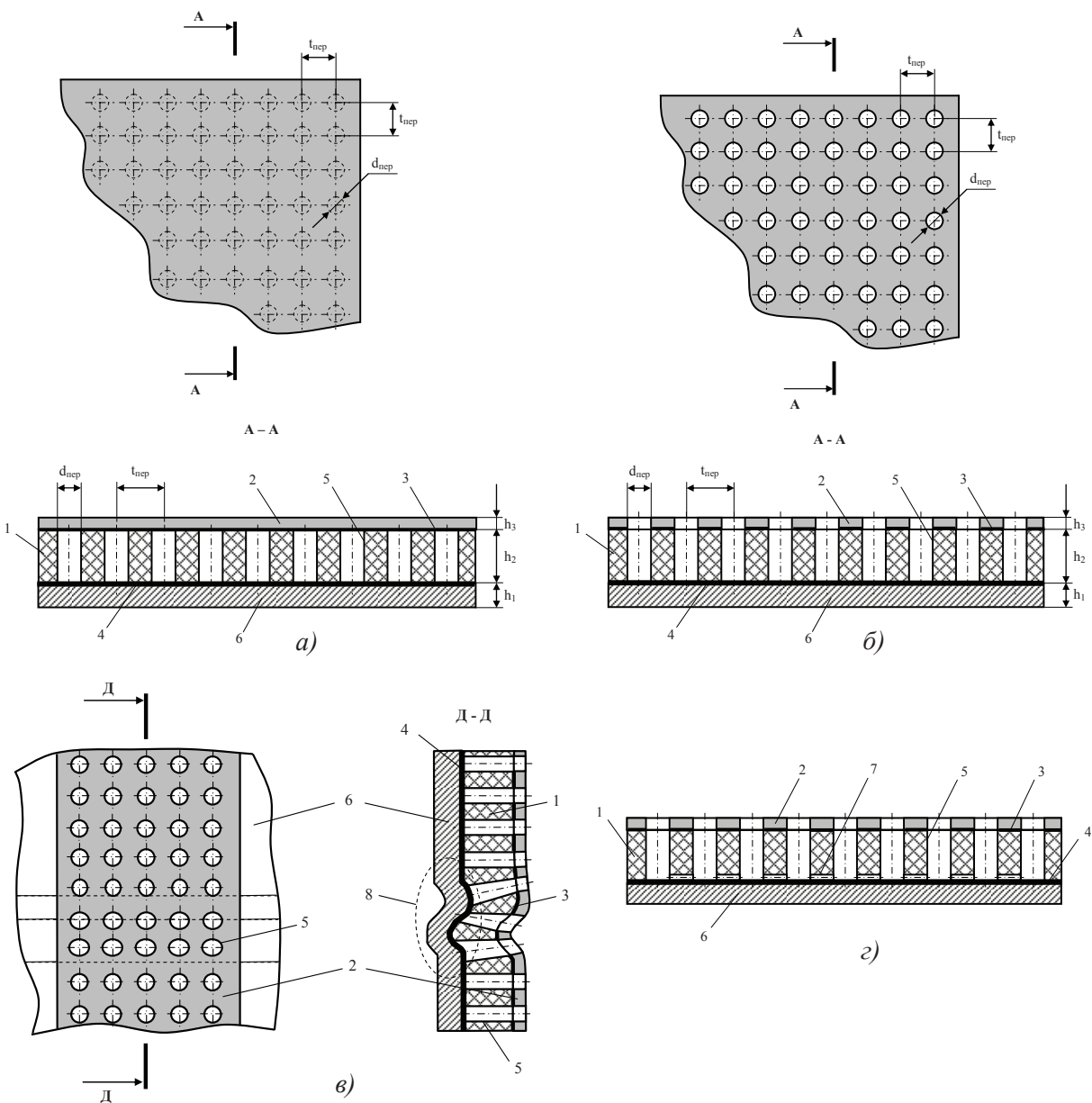


Рис. 11.2. Фрагмент вида на лицевую поверхность и поперечный разрез многослойной виброшумодемпфирующей плосколистовой прокладки, смонтированной на тонколистовой панели, в вариантах перфорирования исключительно вязкоэластичного слоя (а) и перфорирования вязкоэластичного и армирующего слоёв (б, в), схема монтажа виброшумодемпфирующей плосколистовой прокладки на тонколистовую панель, имеющую рельефную выпукло-вогнутую поверхность (в):

1 – вязкоэластичный слой; 2 – армирующий слой; 3 – промежуточный адгезионный слой; 4 – монтажный адгезионный слой; 5 – отверстия перфорации; 6 – несущая тонколистовая панель; 7 – тиснения вязкоэластичного слоя; 8 – зона выраженной рельефной выпукло-вогнутой поверхности; h_1 – толщина несущей тонколистовой панели; h_2 – толщина вязкоэластичного слоя; h_3 – толщина армирующего слоя; $t_{пер}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации; $d_{пер}$ – диаметр отверстий перфорации

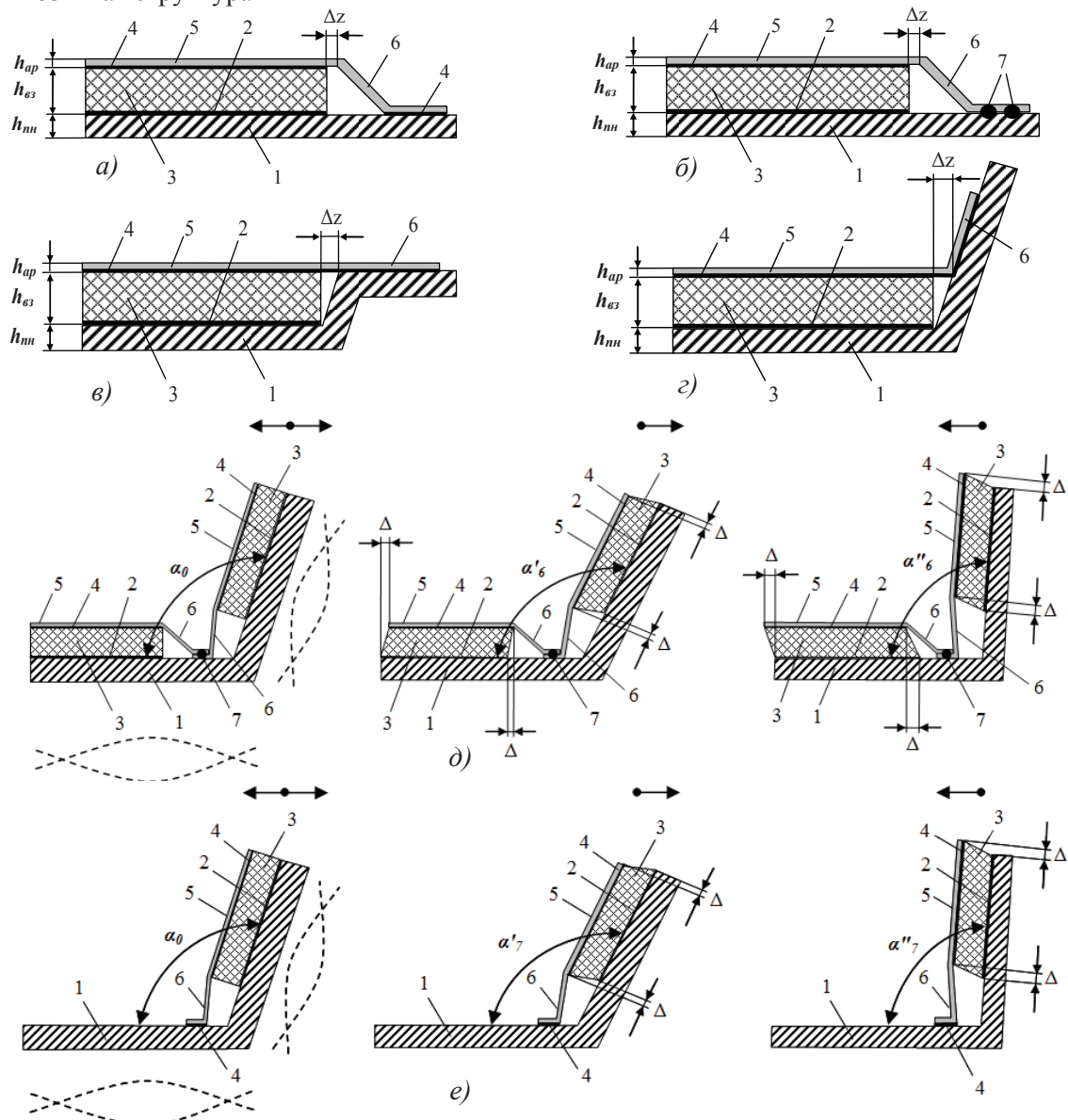


Рис. 11.3. Схемы различных вариантов конструктивного исполнения многослойной виброшумодемпфированной композитной структуры (а, б, в, з) и процессов протекания ее динамических деформаций (д, е):

1 – несущая тонколистовая панель; 2 – монтажный адгезионный слой; 3 – вязкоэластичный слой; 4 – промежуточный адгезионный слой; 5 – армирующий слой; 6 – концевая незадемпфированная часть армирующего слоя, несопряженная с поверхностью вязкоэластичного слоя; 7 – сварное соединение концевой части армирующего слоя; 8 – отверстия перфорации вязкоэластичного слоя; 9 – армированная виброшумодемпфирующая прокладка; 10 – сварное соединение составных частей несущей тонколистовой панели; $h_{нн}$ – толщина несущей тонколистовой панели; $h_{вз}$ – толщина вязкоэластичного слоя; h_{ap} – толщина армирующего слоя; $d_{отв(вз)}$ – диаметр отверстий перфорации вязкоэластичного слоя; $b_{отв(вз)}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации вязкоэластичного слоя; Δ – величина сдвиговых деформаций вязкоэластичного слоя; Δz – величина выхода незадемпфированного участка армирующего слоя за пределы поверхности вязкоэластичного слоя; α_0 – угол изгиба несущей тонколистовой панели в ее недеформированном состоянии; $\alpha'_1... \alpha'_7$, $\alpha''_1... \alpha''_7$ – углы упругого динамического изгиба несущей тонколистовой панели в различных стадиях ее деформированного состояния

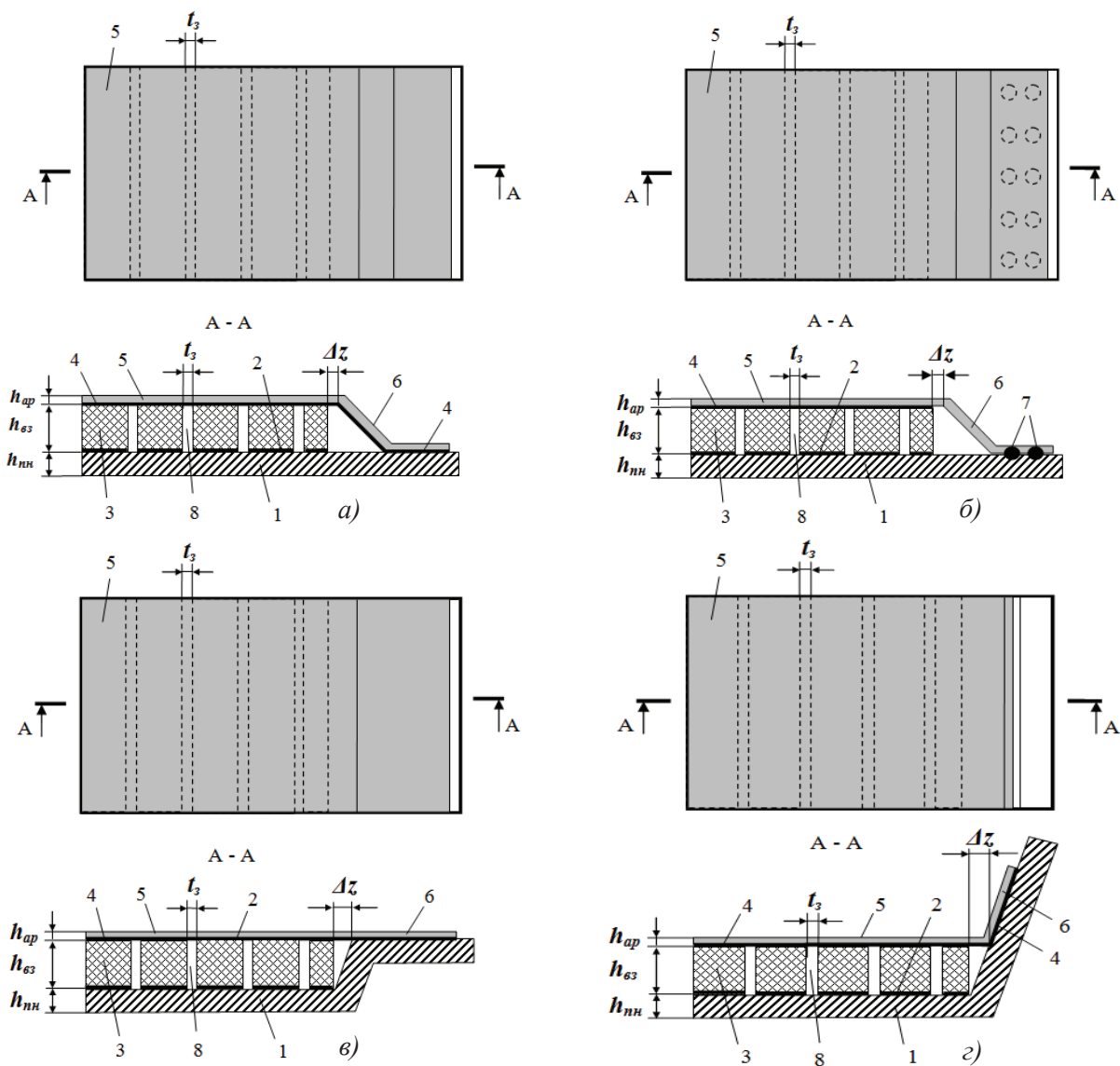


Рис. 11.4. Вид сверху и сечения вариантов конструктивных исполнений модифицированной многослойной виброшумодемпфирующей композитной структуры:

1 – несущая тонколистовая панель; 2 – монтажный адгезионный слой; 3 – вязкоэластичный слой обособленных узкополосных вязкоэластичных прокладок; 4 – промежуточный адгезионный слой; 5 – армирующий слой; 6 – концевая часть армирующего слоя, несопряженная с поверхностью вязкоэластичного слоя; 7 – сварное соединение концевой части армирующего слоя, несопряженной с поверхностью вязкоэластичного слоя с несущей панелью; 8 – воздушные промежутки, образованные между обособленными узкополосными вязкоэластичными прокладками вязкоэластичного слоя; h_{nn} – толщина несущей тонколистовой панели; $h_{вз}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; t_3 – ширина воздушного зазора между обособленными узкополосными вязкоэластичными прокладками вязкоэластичного слоя; Δz – величина незадемпфированного выхода прямолинейного участка армирующего слоя за пределы поверхности вязкоэластичного слоя

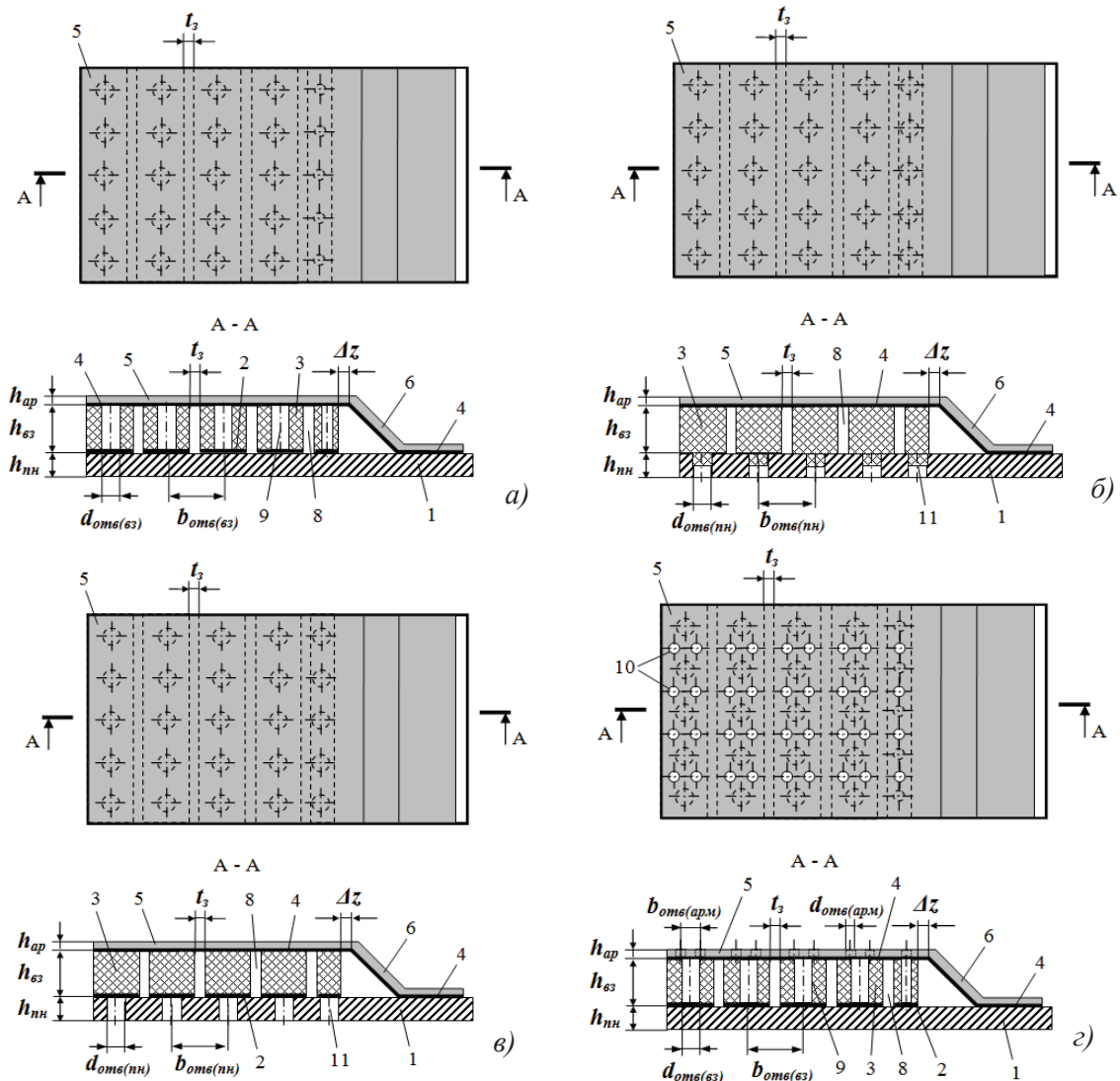


Рис. 11.5. Вид сверху и сечения вариантов конструктивных исполнений модифицированной многослойной виброшумодемпфирующей композитной структуры: 1 – несущая тонколистовая панель; 2 – монтажный адгезионный слой; 3 – **вязкоэластичный слой обособленных узкополосных вязкоэластичных прокладок**; 4 – **промежуточный адгезионный слой**; 5 – **армирующий слой**; 6 – **концевая часть армирующего слоя, несопряженная с поверхностью вязкоэластичного слоя**; 7 – **сварное соединение концевой части армирующего слоя, несопряженной с поверхностью вязкоэластичного слоя с несущей панелью**; 8 – **воздушные промежутки, образованные между обособленными узкополосными вязкоэластичными прокладками вязкоэластичного слоя**; 9 – **отверстия перфорации вязкоэластичного слоя**; 10 – **отверстия перфорации армирующего слоя**; 11 – **отверстия перфорации несущей тонколистовой панели**; 12 – **армированная виброшумодемпфирующая прокладка**; $h_{пн}$ – толщина несущей тонколистовой панели; $h_{вз}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; t_3 – ширина воздушного зазора между обособленными узкополосными вязкоэластичными прокладками вязкоэластичного слоя; Δz – величина незадемпфированного выхода прямолинейного участка армирующего слоя за пределы поверхности вязкоэластичного слоя; $d_{отв(пн)}$, $d_{отв(вз)}$, $d_{отв(арм)}$ – диаметр отверстий перфорации соответственно несущей тонколистовой панели, вязкоэластичного слоя, армирующего слоя; $b_{отв(пн)}$, $b_{отв(вз)}$, $b_{отв(арм)}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации соответственно несущей тонколистовой панели, вязкоэластичного слоя, армирующего слоя

Заявка РФ на изобретение RU 2011116501
«Отопительно-вентиляционная система (ОВС)
пассажира помещения (кабины водителя)
автотранспортного средства»

Авторы: Фесина М.И., Краснов А.В.,
 Горина Л.Н., Назаров А.Г.

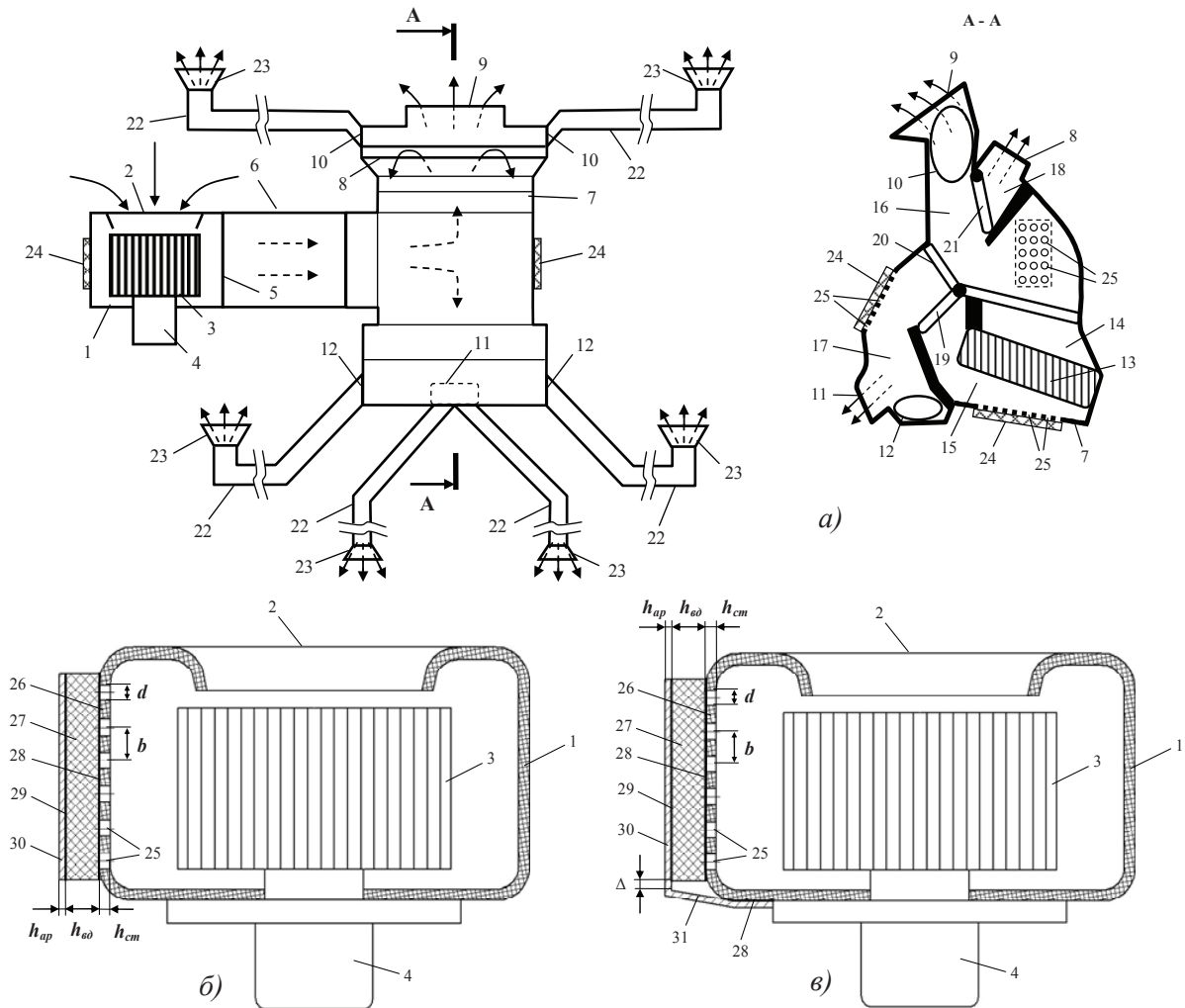


Рис. 11.6. Схемы конструкции ОВС пассажирского помещения (кабины) АТС (а, б) и корпуса ее вентилятора (в, г), содержащие локализованные перфорированные ограниченные зоны, выполненные в стенках корпусных элементов, в которых смонтированы плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки (полностью перекрывающие отверстия перфорации):
 1 – корпус электровентилятора; 2 – входное отверстие корпуса вентилятора;
 3 – крыльчатка; 4 – электродвигатель; 5 – выходное окно корпуса вентилятора;
 6 – соединительный воздухопровод; 7 – корпус отопителя; 8...12, 14, 15 – подводящие и отводящие окна воздухопроводов; 13 – теплообменник; 16...18 – камеры корпуса отопителя;
 19...21 – регулирующие заслонки; 22 – распределительные воздухопроводные каналы;
 23 – концевые распределяющие устройства; 24 – плосколистовая виброшумодемпфирующая прокладка; 25 – сквозные отверстия перфорации; 26 – стенка корпусного элемента;
 27 – вязкоэластичный слой; 28 – адгезионный монтажный слой; 29 – адгезионный промежуточный слой; 30 – внешний армирующий слой; 31 – свободная незадемпфированная концевая часть армирующего слоя; d – диаметр отверстий перфорации; b – межцентровой шаг отверстий перфорации; $h_{ст}$ – толщина стенки корпусного элемента; $h_{вд}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; Δ – величина свободного выхода незадемпфированного участка армирующего слоя за габаритные пределы торцевой поверхности вязкоэластичного слоя

Заявка РФ на изобретение RU 201116501
 «Отопительно-вентиляционная система (ОВС)
 пассажирского помещения (кабины водителя)
 автотранспортного средства» (продолжение)

Авторы: Фесина М.И., Краснов А.В.,
 Горина Л.Н., Назаров А.Г.

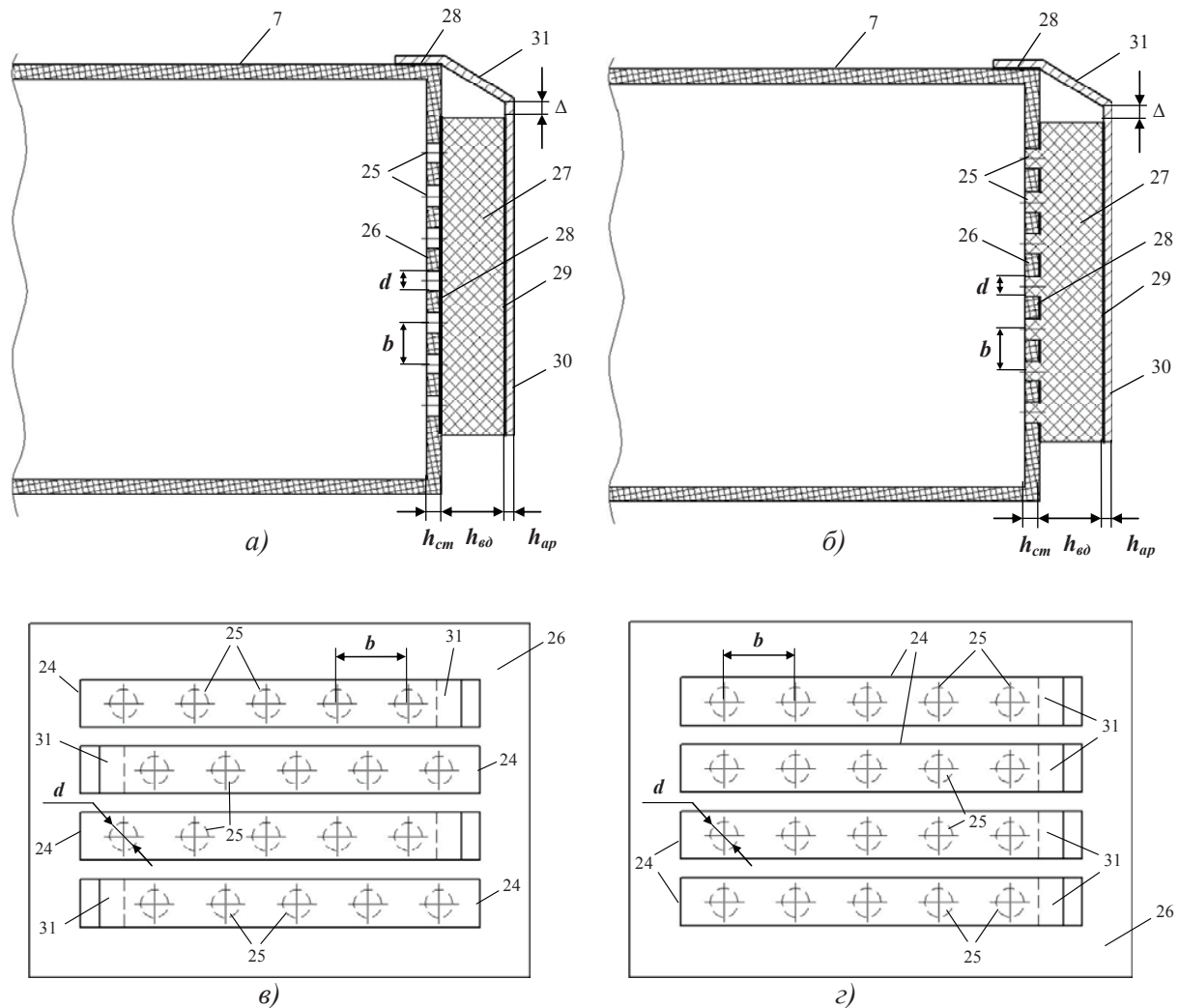


Рис. 11.7. Фрагментные схемы поперечного сечения (а, б) и вида сбоку (в, г) корпуса отопителя ОВС, ограниченная зона торцевой стенки которой перфорирована сквозными отверстиями, на которую посредством монтажного адгезионного слоя смонтированы различные варианты плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок (полностью перекрывающих отверстия перфорации):
 7 – корпус отопителя; 24 – плосколистовая виброшумодемпфирующая прокладка;
 25 – сквозные отверстия перфорации, выполненные в ограниченных зонах поверхности стенок корпусных элементов; 26 – стенка корпусного элемента; 27 – вязкоэластичный слой;
 28 – адгезионный монтажный слой; 29 – адгезионный промежуточный слой; 30 – внешний армирующий слой; 31 – свободная незадемпфированная концевая часть армирующего слоя;
 d – диаметр отверстий перфорации; b – межцентровой шаг отверстий перфорации;
 $h_{ст}$ – толщина стенки корпусного элемента; $h_{вд}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; Δ – величина свободного выхода незадемпфированного участка армирующего слоя за габаритные пределы торцевой поверхности вязкоэластичного слоя (за габариты задемпфированного участка армирующего слоя)

Патент РФ на изобретение RU 2449904
 «Слоистая виброшумодемпфирующая панель
 кабины водителя и/или пассажирского помещения
 кузова транспортного средства»

Авторы: Фесина М.И., Краснов А.В.,
 Горина Л.Н., Назаров А.Г.

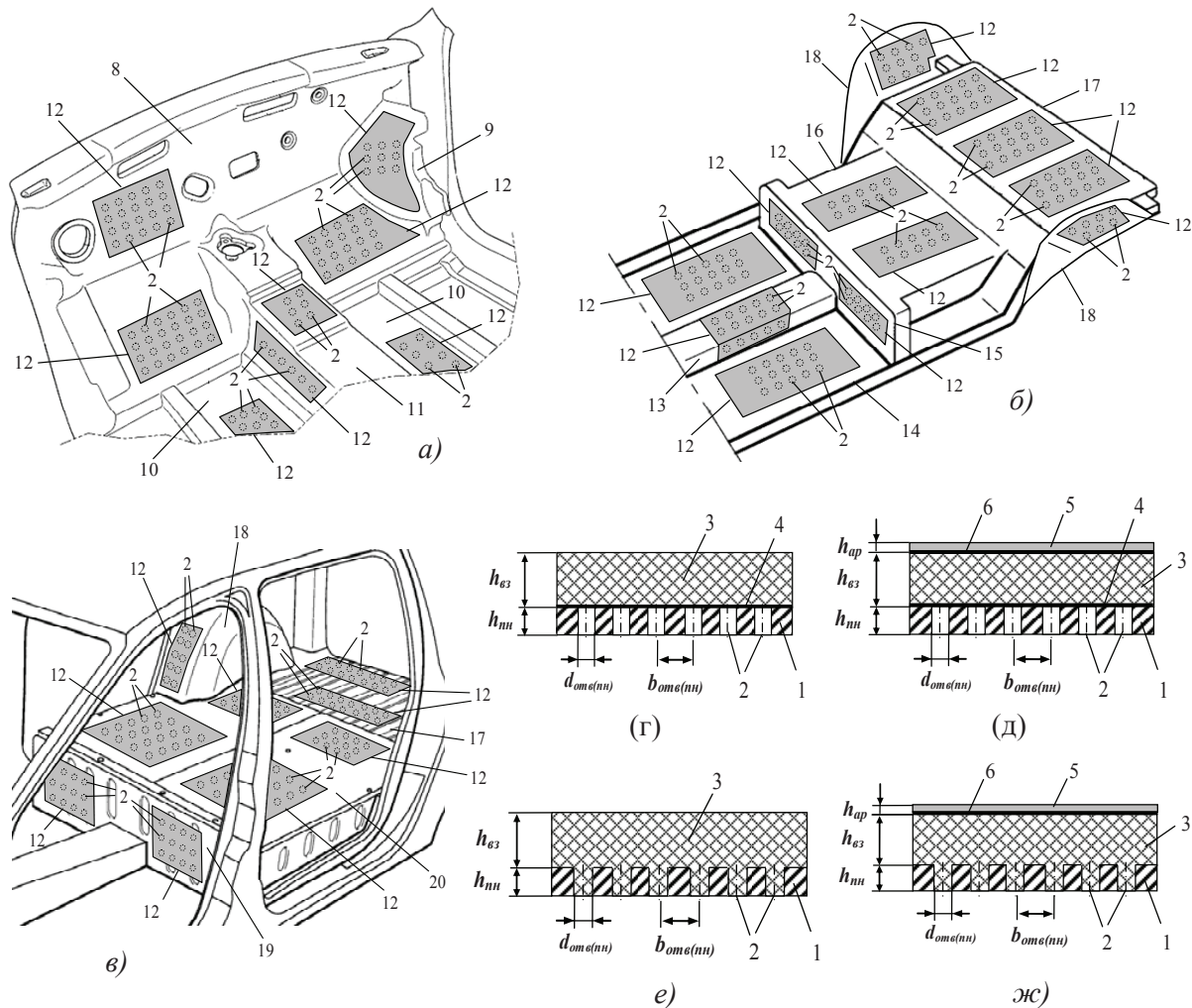


Рис. 11.8. Схемы фрагментов слоистых композитных структур панелей кузова АТС (а, б, в) и их поперечных сечений (г, д, е, ж), содержащих в локальных поверхностных зонах адгезионно смонтированные виброшумодемпфирующие прокладки с полным взаимным перекрытием отверстий перфорации:

1 – несущая тонколистовая панель; 2 – отверстия перфорации тонколистовой панели (зоны панели); 3 – вязкоэластичный слой; 4 – монтажный адгезионный слой;

5 – армирующий слой; 6 – промежуточный адгезионный слой; 8 – панель щитка передка кузова; 9 – панели арок передних колес кузова; 10 – панели переднего пола кузова; 11 – панели передней части тоннеля пола кузова; 12 – плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки; 13 – задняя часть тоннеля пола кузова; 14 – панели среднего пола кузова; 15 – вертикальная панель пола кузова перед задним сиденьем; 16 – панель пола кузова под задним сиденьем; 17 – панели пола багажного отделения кузова; 18 – панели арок задних колес кузова; 19 – вертикальная панель среднего пола кузова; 20 – горизонтальная панель среднего пола кузова; $h_{нп}$ – толщина несущей кузовной панели; $h_{бз}$ – толщина вязкоэластичного слоя; $h_{ар}$ – толщина армирующего слоя; $d_{отв(нп)}$ – диаметр отверстий перфорации несущей панели; $b_{отв(нп)}$ – межцентровой шаг отверстий перфорации несущей панели

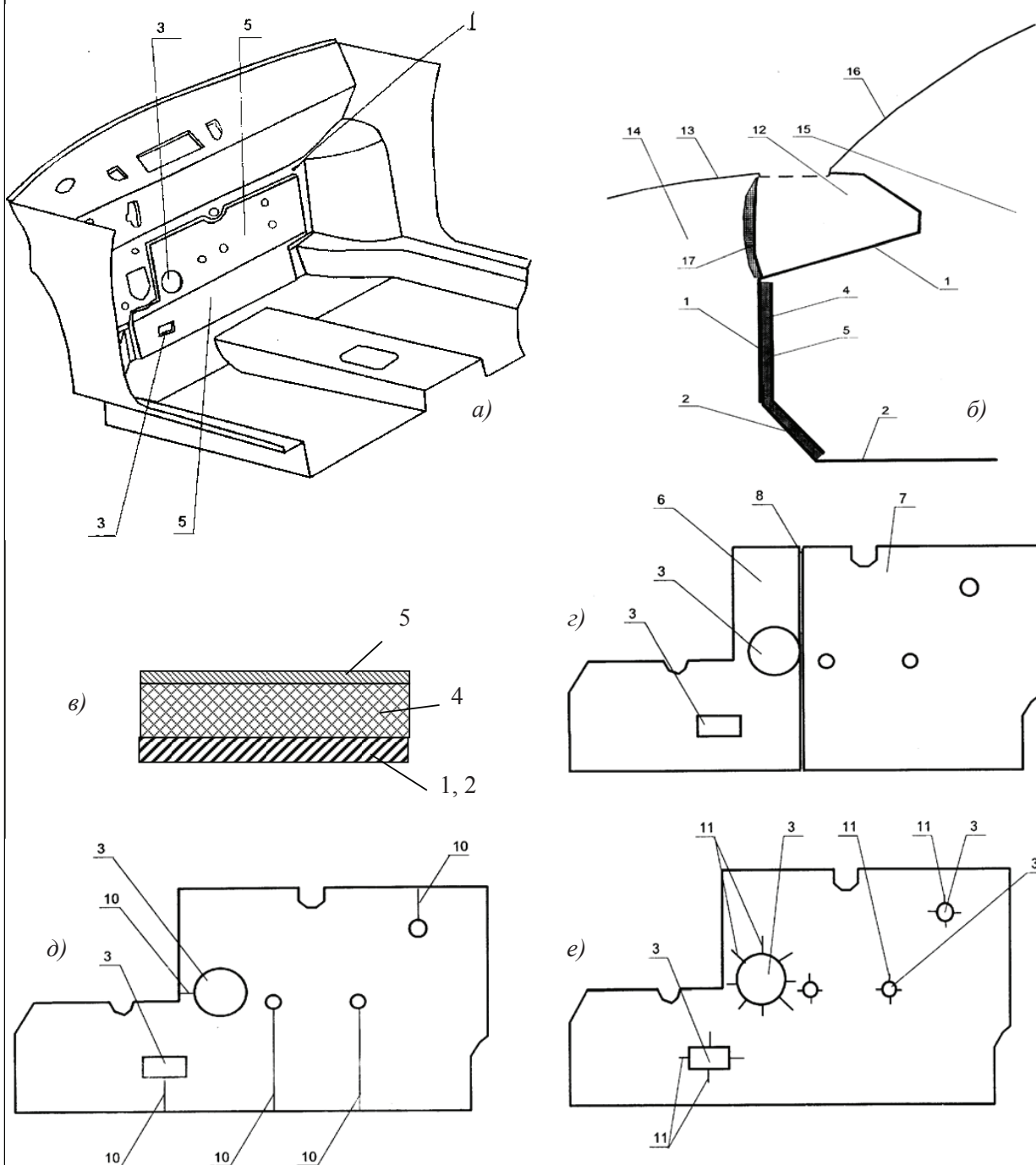


Рис. 11.9. Схемы панелей щитка передка кузова АТС (а, б) и варианты исполнения и монтажа виброшумодемпфирующих прокладок (в, г, д, е):

1 – нижняя вертикальная часть щитка передка; 2 – передняя часть пола; 3 – функциональное отверстие виброшумодемпфирующей прокладки; 4 – вязкоэластичный слой; 5 – армирующий слой; 6, 7 – составные части виброшумодемпфирующей прокладки; 8 – кромки составных частей; 10 – сквозные прорезы; 11 – тупиковые прорезы; 12 – короб воздухопритока; 13 – капот; 14 – моторный отсек; 15 – пассажирское помещение (кабина) кузова АТС; 16 – ветровое стекло; 17 – термошумоизоляционная наставка щитка передка

Патент РФ на изобретение RU 2151708
 «Короб воздухопритока климатической
 установки кабины кузова транспортного средства»

Авторы: Фесина М.И., Данилов О.В.,
 Леванин В.И., Тузков В.Г.

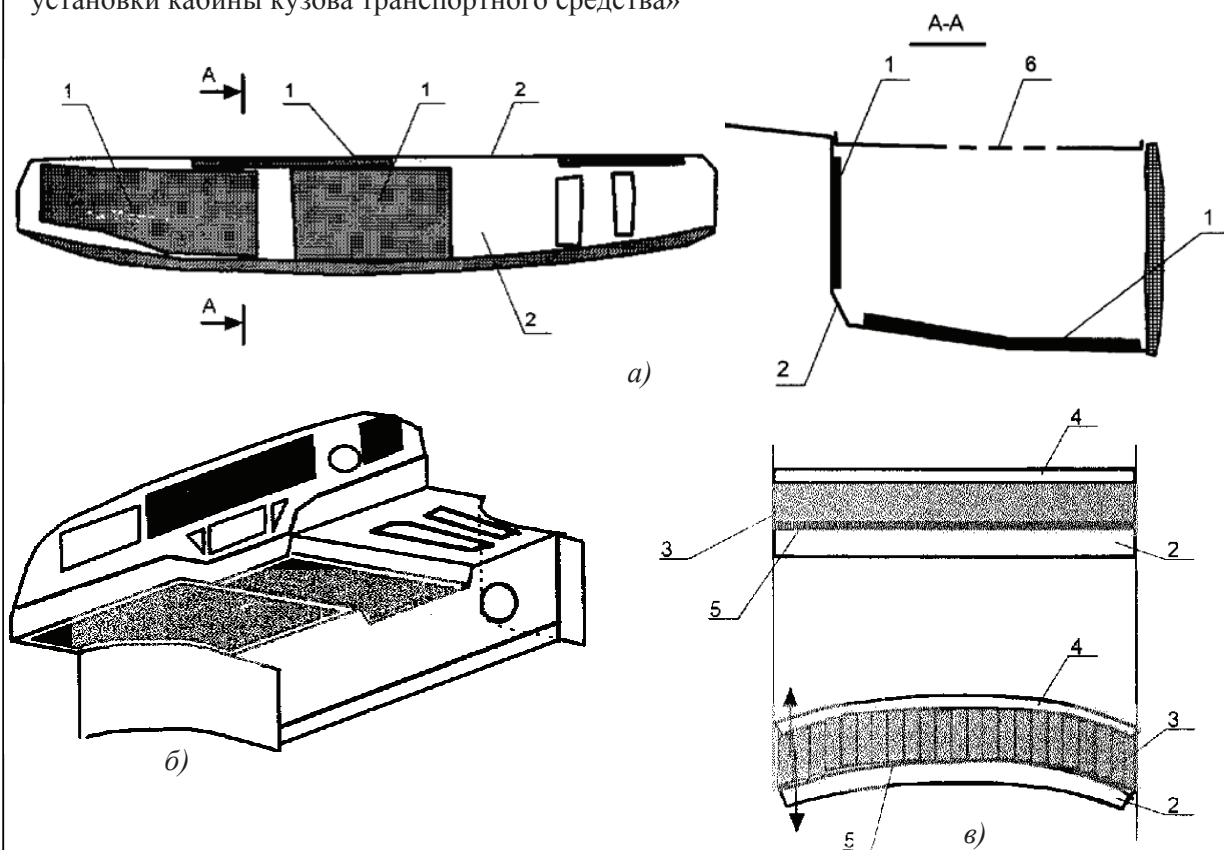


Рис. 11.10. Схема короба воздухопритока климатической установки тонколистовые панели которого частично облицованы многослойным виброшумодемпфирующим покрытием (а, б), схема структуры многослойного виброшумодемпфирующего покрытия в недеформированном и деформированном состояниях (в):

1 – многослойное виброшумодемпфирующее покрытие; 2 – тонколистовые панели короба воздухопритока; 3 – вязкоэластичный слой; 4 – жесткий армирующий слой;
5 – адгезионный монтажный слой; 6 – воздухозаборное отверстие

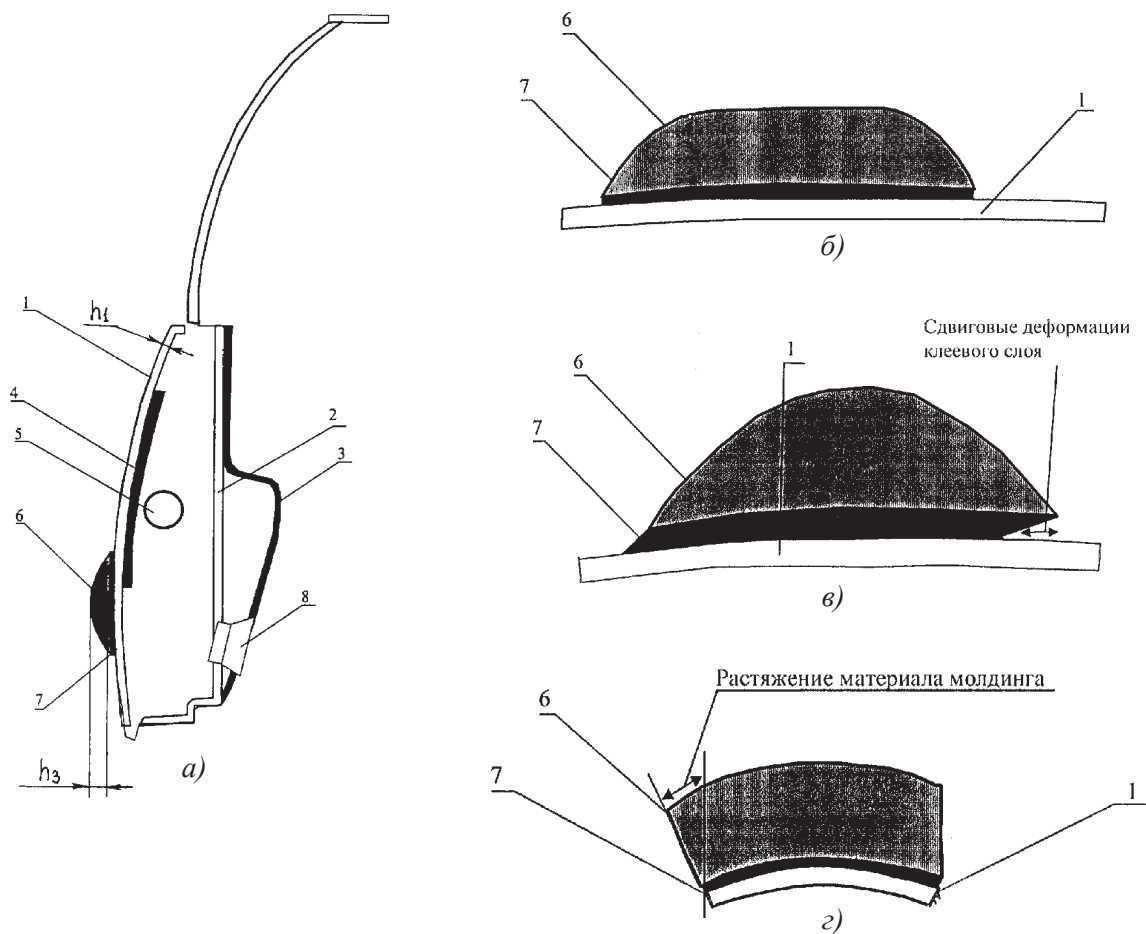


Рис. 11.11. Схема конструкции боковой двери легкового автомобиля (а), структура молдинга (б) и характерные динамические деформации сдвига (в) и растяжения-сжатия (г) системы «лицевая панель двери – молдинг» при ее изгибных колебаниях:

1 – лицевая панель двери; 2 – внутренняя панель двери; 3 – облицовка двери;
4 – плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки; 5 – брус безопасности;
6 – молдинг (состоящий, например, из мелкоячеистого полиуретана и стекловолокна);
7 – вязкоэластичная виброшумодемпфирующая прокладка; 8 – громкоговоритель акустической системы автомобиля; h_1 – толщина лицевой панели двери; h_3 – толщина молдинга

Патент РФ на изобретение RU 2149788
 «Шумовибродемпфирующий узел панели кузова транспортного средства»

Авторы: Фесина М.И., Данилов О.В.,
 Старобинский Р.Н.

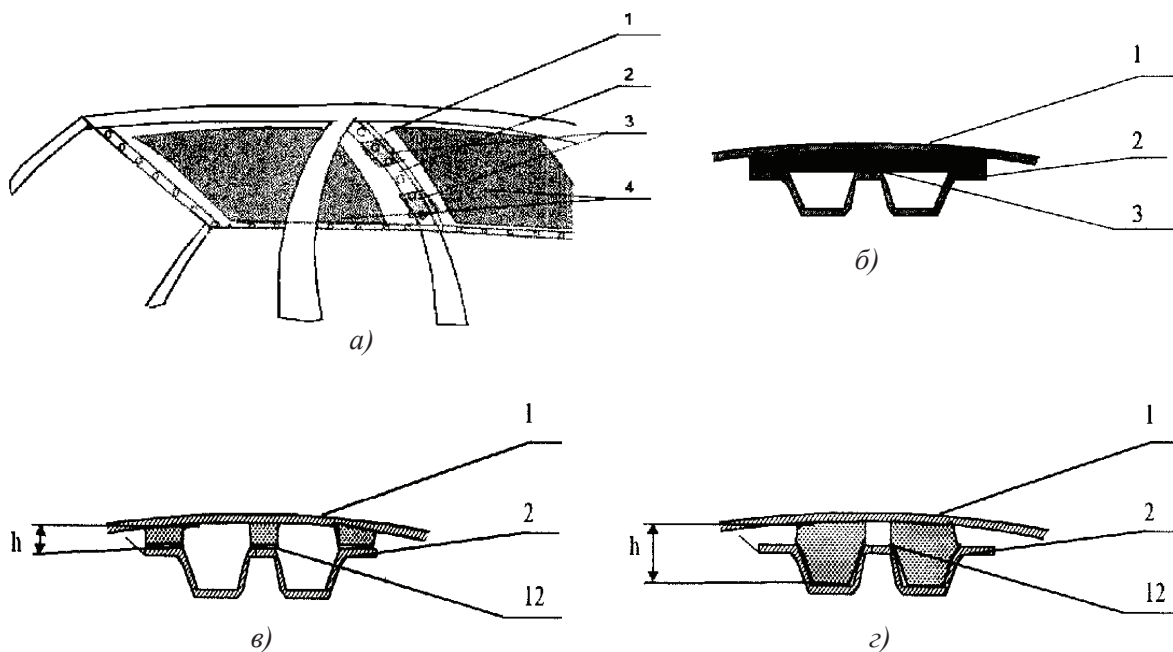


Рис. 11.12. Схемы конструкции панели крыши легкового автомобиля (а) и ее локальных поперечных сечений в различных вариантах установки промежуточной упругой прокладки (б, в, г):

1 – панель крыши; 2 – усилитель крыши; 3, 12 – вязкоэластичные прокладки;
 4 – плосколистовые виброшумодемпфирующие прокладки панели крыши

Патент РФ на изобретение RU 2106996
 «Транспортное средство»

Авторы: Фесина М.И., Соколов А.В.

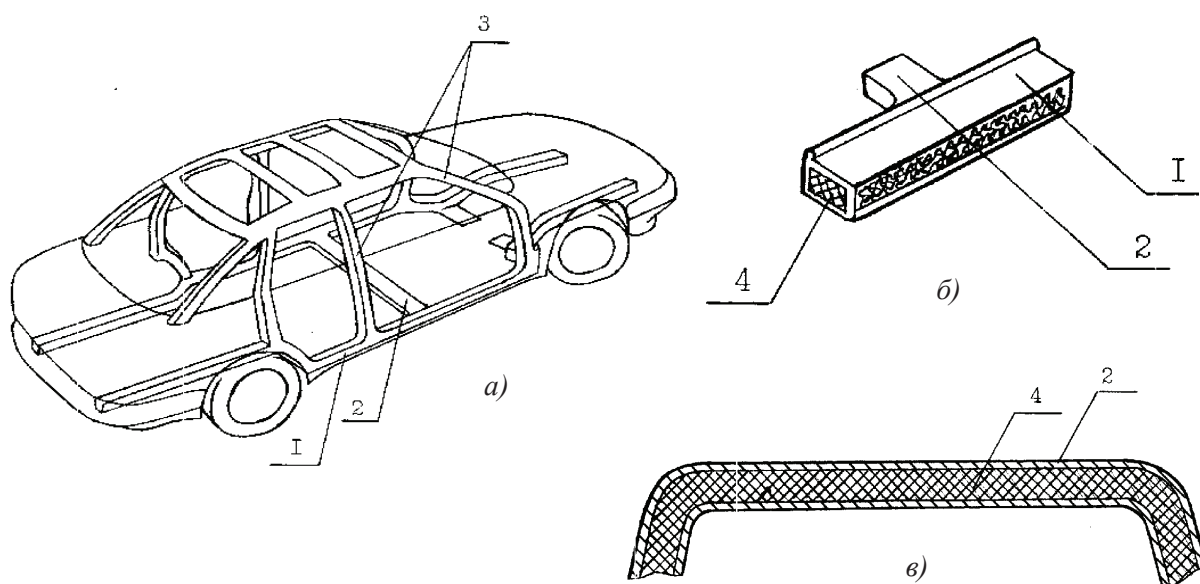


Рис. 11.13. Силовой каркас кузова легкового автомобиля (а), фрагмент соединения продольного лонжерона с поперечиной (б), сечение продольного силового элемента (в):

1, 2, 3 – полые коробчатые силовые элементы кузова: лонжероны (1), поперечины (2), стойки (3); 4 – виброшумодемпфирующие брусья из пористого прессованного металлического сетчатого материала (ПСМ)

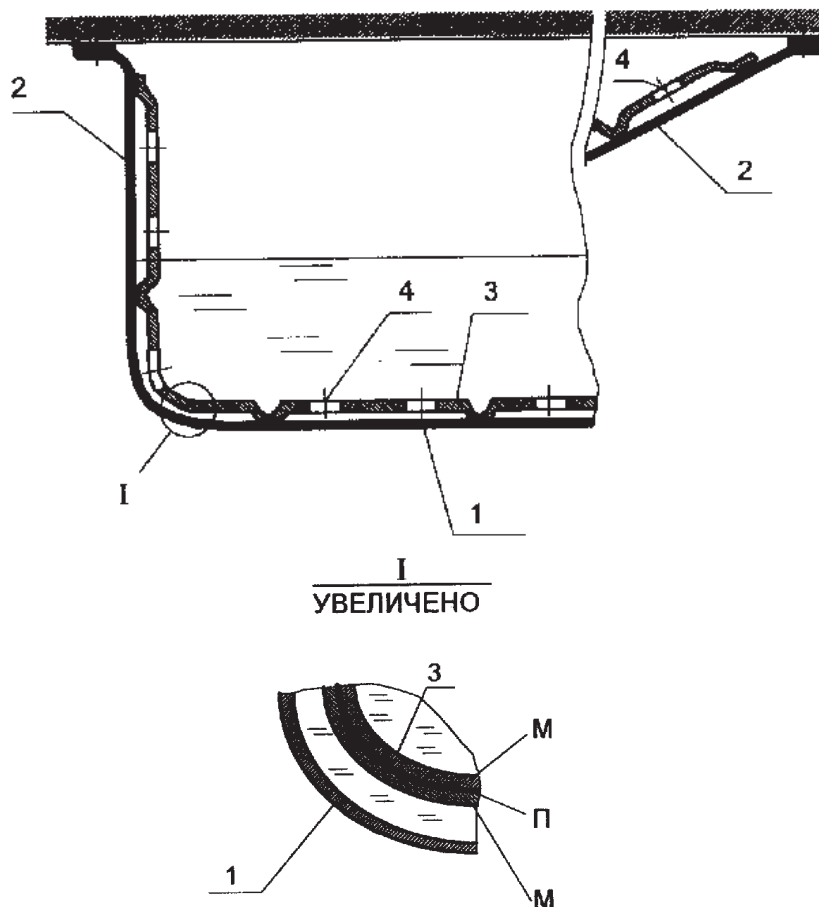


Рис. 11.14. Схема масляного поддона ДВС:
1 – донная часть масляного поддона; 2 – соединительная часть масляного поддона;
3 – гофрированная обечайка из трехслойного композитного виброшумодемпфирующего материала «металл–пластик–металл» (МПП); 4 – сквозные отверстия перфорации;
М – металл; П – пластик

Патент РФ на изобретение RU 2149272
 «Масляный поддон двигателя внутреннего сгорания (ДВС)»

Авторы: Фесина М.И., Данилов О.В.

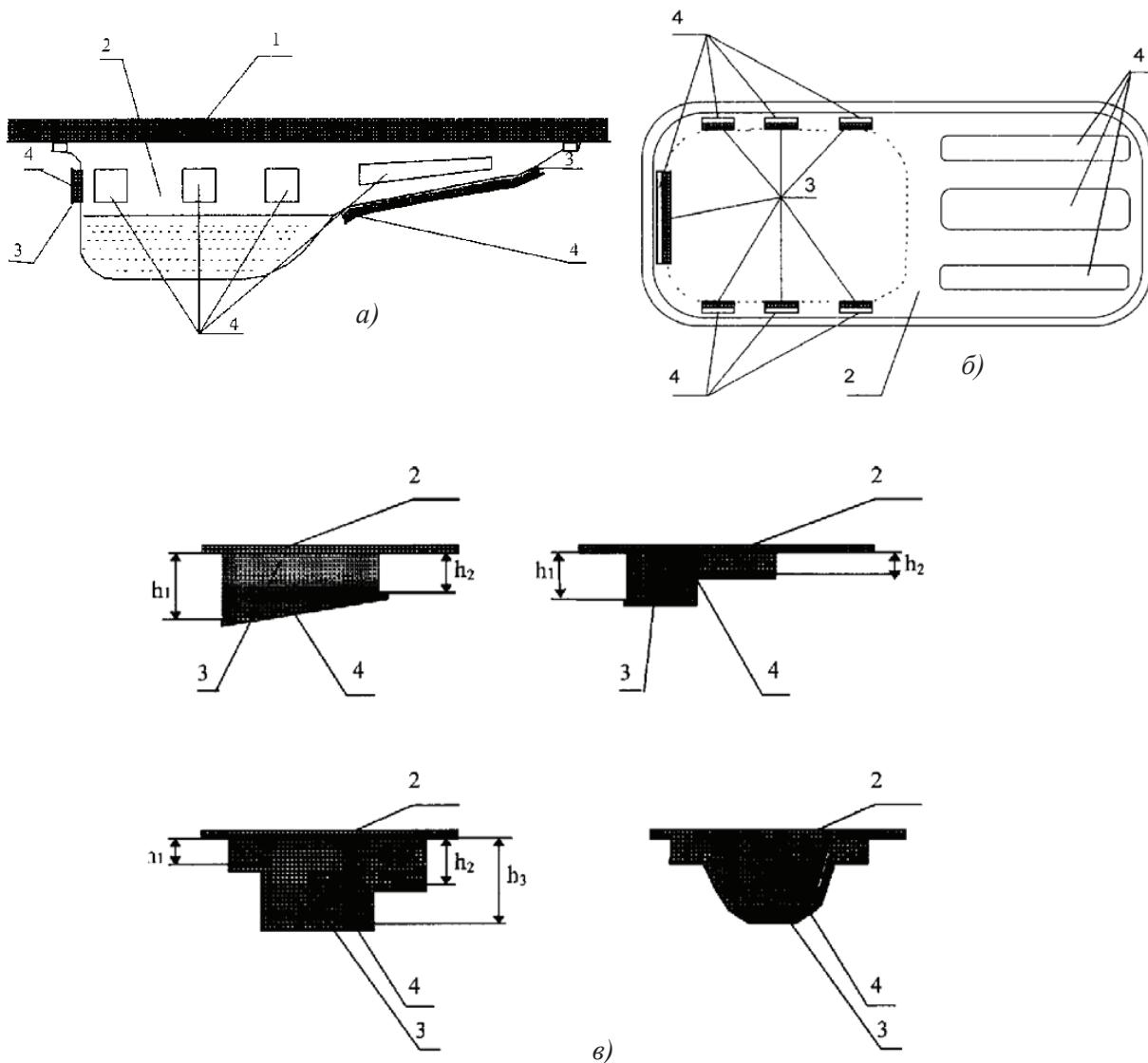


Рис. 11.15. Схема масляного поддона ДВС со смонтированными виброшумодемпфирующими прокладками (вид сбоку (а), вид сверху (б), схемы различных вариантов структурного исполнения задемпфированных тонколистовых панелей масляного поддона (в):

- 1 – блок-картер ДВС; 2 – масляный поддон; 3 – вязкоэластичная виброшумодемпфирующая прокладка; 4 – армирующая металлическая пластина;
 h_1 – наименьшая толщина вязкоэластичной виброшумодемпфирующей прокладки;
 h_2 – наибольшая толщина вязкоэластичной виброшумодемпфирующей прокладки;
 h_3 – общая толщина вязкоэластичной виброшумодемпфирующей прокладки

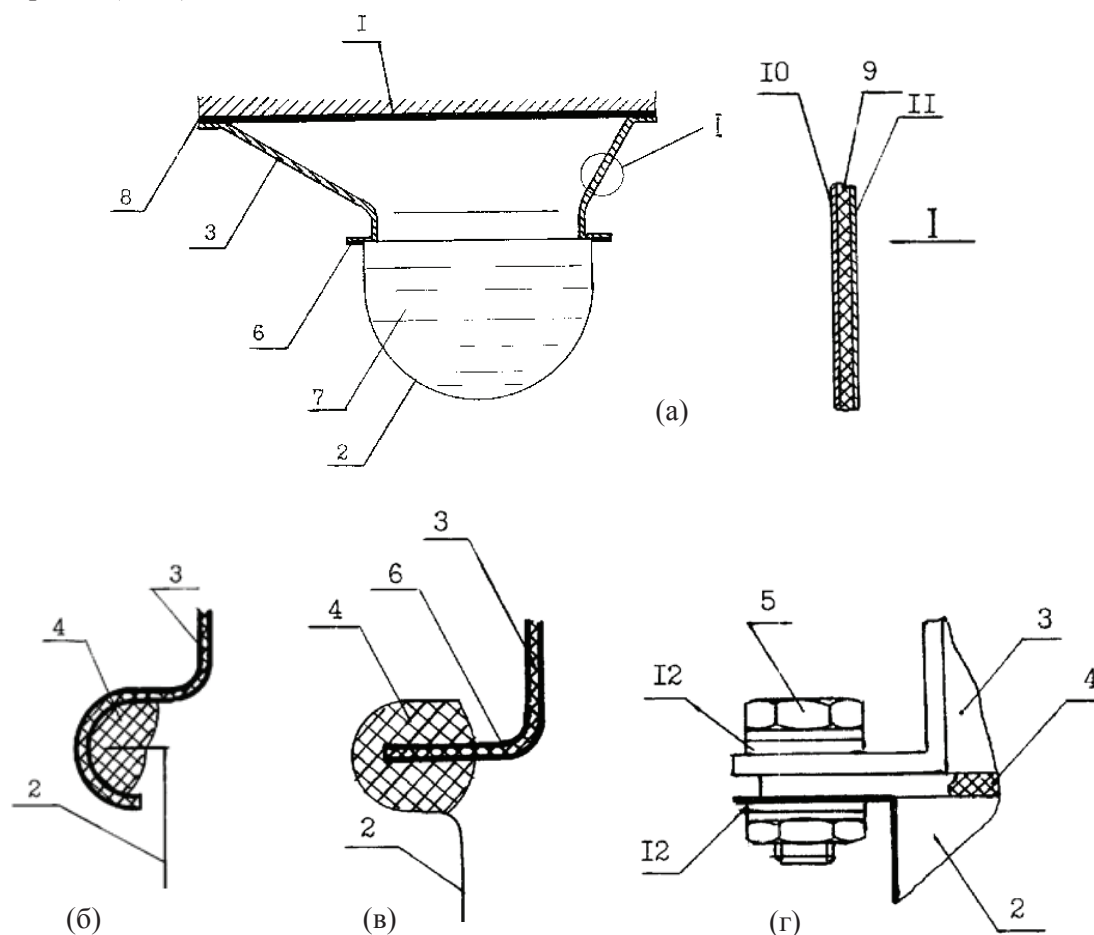


Рис. 11.16. Схемы части блок-картера ДВС, на которой закреплен масляный поддон (а), вариантов неразъемного (б, в) и разъемного (г) соединений донной и верхней частей масляного поддона:

1 – блок-картер; 2 – донная часть масляного поддона; 3 – верхняя присоединительная часть масляного поддона; 4 – вибродемпфирующий элемент; 5 – крепежный элемент; 7 – масло; 8 – уплотнительная прокладка; 9 – пластиковый слой; 10, 11 – металлические слои в составе трехслойной композитной структуры «металл–пластик–металл» (МПМ)

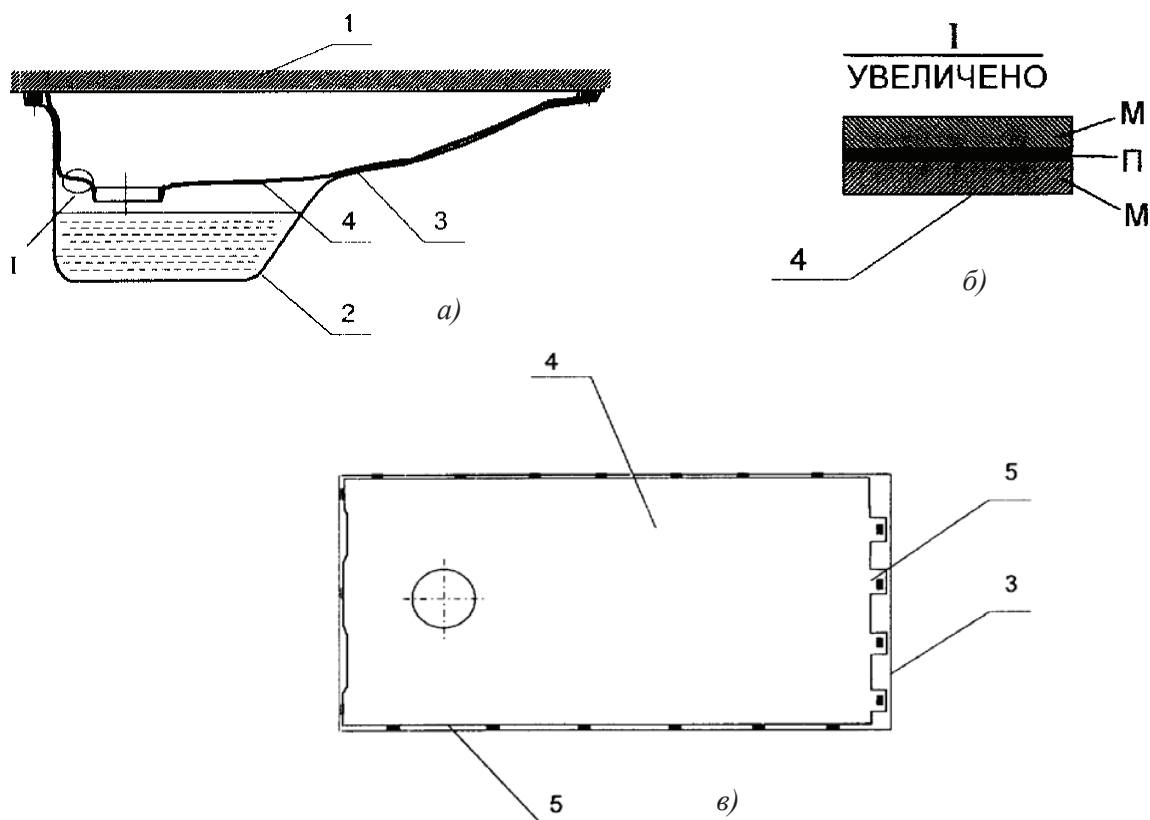


Рис. 11.17. Фрагмент блок-картера ДВС (а) с закрепленным масляным поддоном, структура стенок масляного поддона (б) из композитного трехслойного материала типа «металл-пластик-металл» (МПМ) и вид сверху (в) пластинчатого успокоителя:
1 – блок-картер ДВС; 2 – донная часть масляного поддона блок-картера; 3 – верхняя присоединительная часть корпуса масляного поддона; 4 – пластинчатый успокоитель; 5 – периферийные зоны в виде присоединительных фланцев

Патент РФ на изобретение RU 2117175
 «Масляный поддон двигателя внутреннего сгорания»

Авторы: Фесина М.И., Соколов А.В.

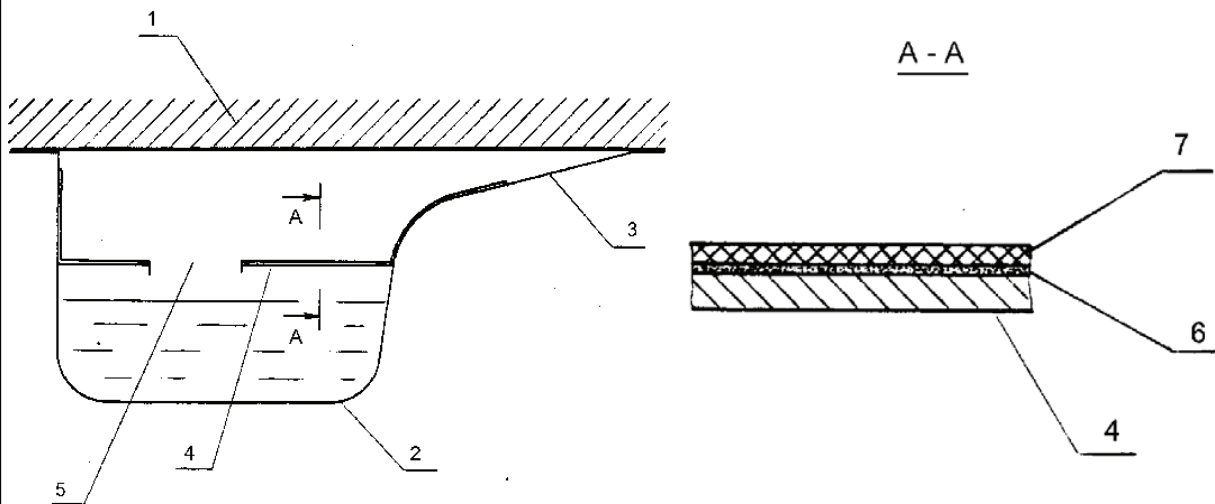


Рис. 11.18. Фрагмент блок-картера ДВС, на котором закреплен масляный поддон:
 1 – блок-картер ДВС; 2 – донная часть масляного поддона; 3 – присоединительная часть масляного поддона; 4 – пластинчатый успокоитель; 5 – технологическое отверстие под заборник масла; 6 – адгезионное виброшумодемпфирующее вязкоэластичное вещество; 7 – жесткая полимерная или металлическая фольга

Патент РФ на изобретение RU 2115012
 «Воздухоочиститель двигателя внутреннего сгорания»

Авторы: Фесина М.И., Лысенко Е.В.,
 Соколов А.В., Золотенков Н.А.

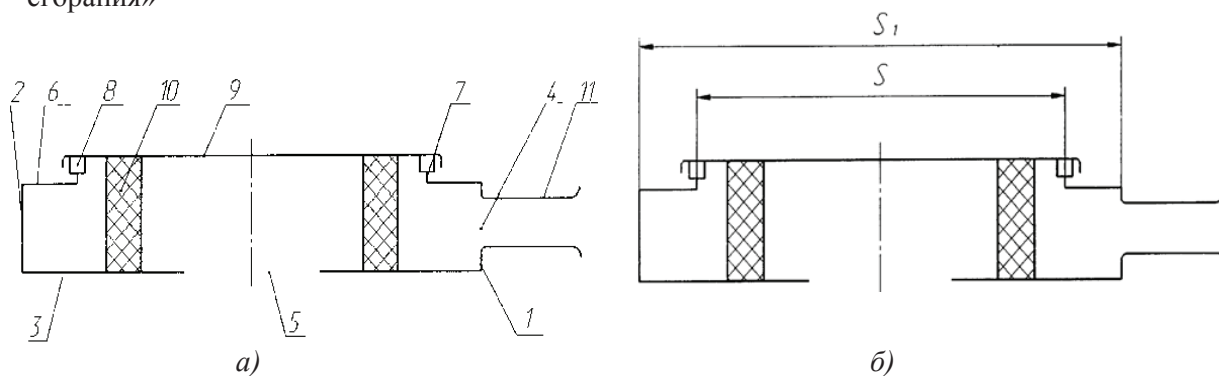


Рис. 11.19. Схема конструктивного исполнения воздухоочистителя ДВС (а, б):
 1 – корпус воздухоочистителя; 2 – боковая стенка; 3 – днище; 4 – впускное окно; 5 – выпускное окно; 6 – отбортовка; 7 – горловина; 8 – уплотнитель; 9 – крышка из трехслойного композитного материала «металл-пластик-металл» (МПМ); 10 – фильтрующий элемент; 11 – воздухозаборный патрубок; S – суммарная площадь отбортовки; S₁ – суммарная площадь отбортовки и отверстия, ограниченного краем отбортовки

Патент РФ на изобретение RU 2115006
 «Масляный поддон двигателя внутреннего сгорания (ДВС)»

Авторы: Фесина М.И., Соколов А.В.,
 Матяев А.С.

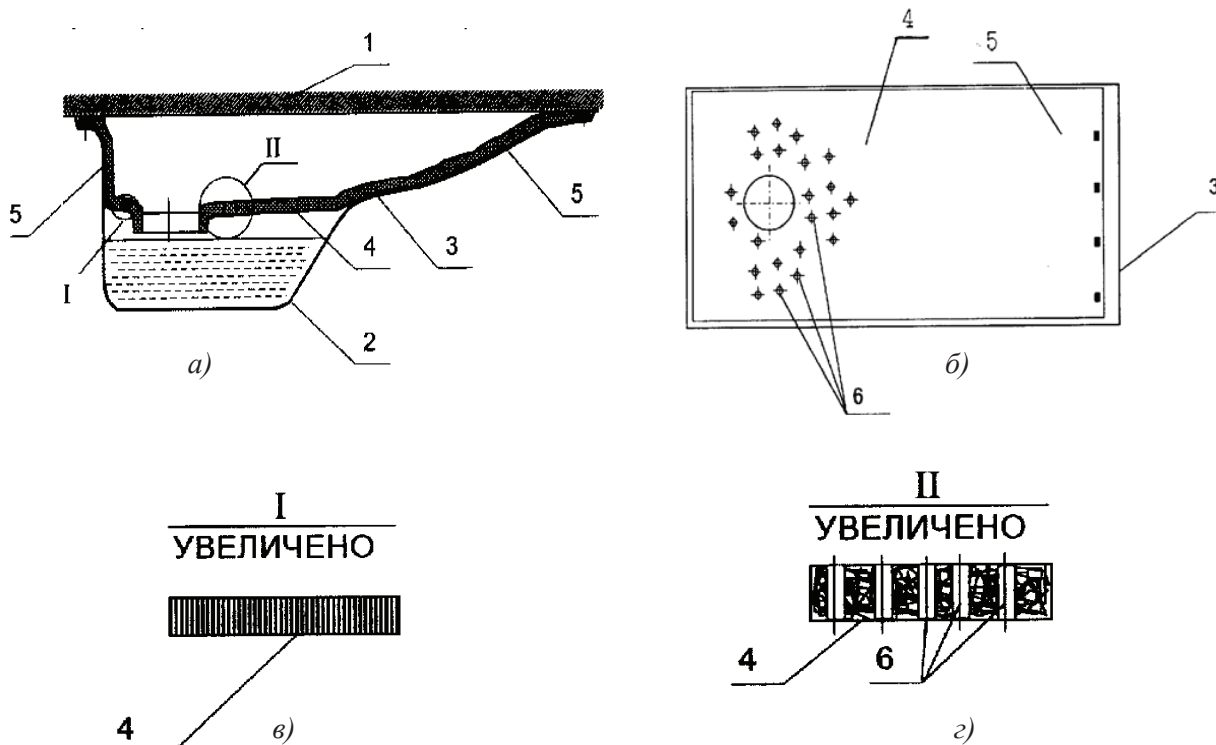


Рис. 11.20. Схема масляного поддона (а), вид сверху на успокоитель (б),
 фрагмент сечения успокоителя (в, г):

- 1 – плоскость разъема блок-картера; 2 – донная часть масляного поддона;
- 3 – присоединительная часть масляного поддона; 4 – пластинчатый успокоитель из пористого звукопоглощающего материала ПСМ (пористого сетчатого материала);
- 5 – футерованная ПСМ присоединительная часть масляного поддона;
- 6 – сквозные отверстия перфорации в структуре ПСМ

Патент РФ на изобретение RU 2148724
 «Крышка головки цилиндров двигателя внутреннего сгорания (ДВС)»

Авторы: Фесина М.И., Данилов О.В.

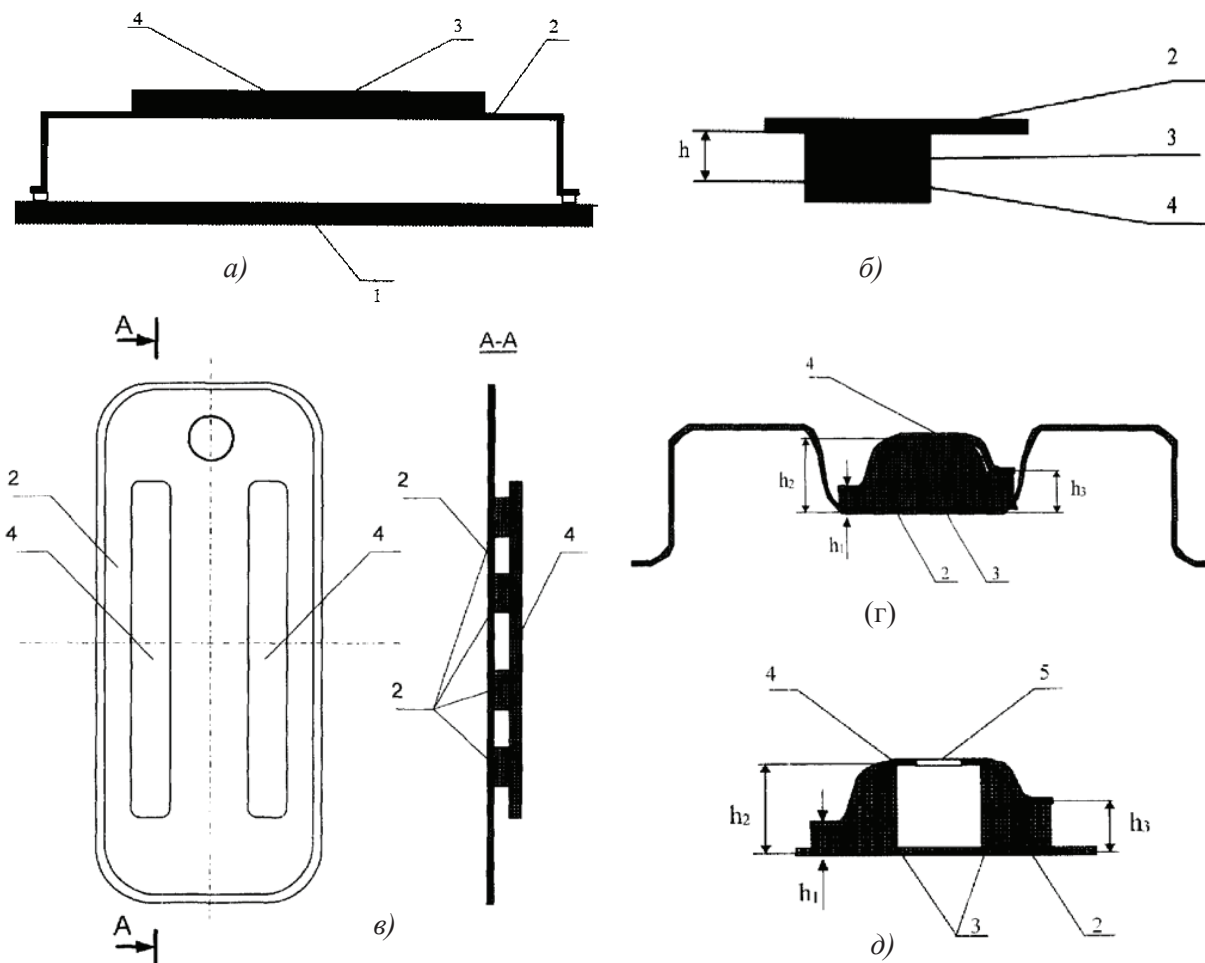


Рис. 11.21. Схемы крышки головки цилиндров ДВС с устройством виброшумодемпфирования (а), различные варианты исполнения ее стенок (б, в, г, д):
 1 – головка цилиндров ДВС; 2 – крышка; 3 – виброшумодемпфирующая прокладка;
 4 – армирующая пластина; 5 – отверстия перфорации; h – толщина виброшумодемпфирующей прокладки

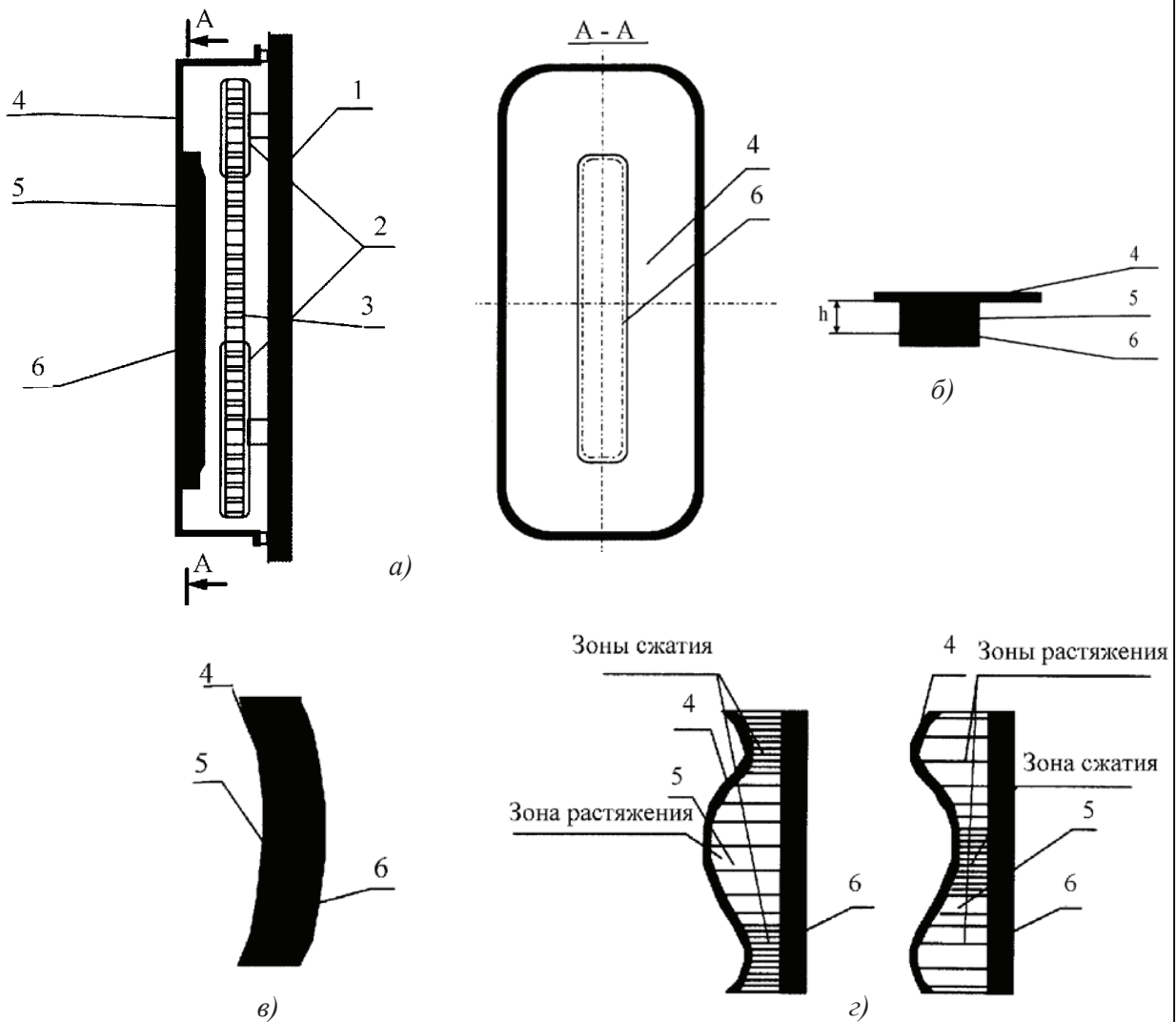


Рис. 11.22. Схема привода ГРМ с установленным ужесточающим виброшумодемпфирующим элементом (а) и схема структуры этого элемента (б), схематичное представление механизмов подавления низкочастотных и высокочастотных колебаний стенок крышки ГРМ (в, г):
 1 – передняя стенка блока цилиндров ДВС; 2 – приводные шкивы ГРМ; 3 – приводной зубчатый ремень; 4 – кожух; 5 – вязкоэластичная виброшумодемпфирующая прокладка; 6 – ужесточающее виброшумодемпфирующее ребро

Патент РФ на изобретение RU 2102621
 «Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)
 с воздушным охлаждением»

Авторы: Фесина М.И.,
 Соколов А.В.

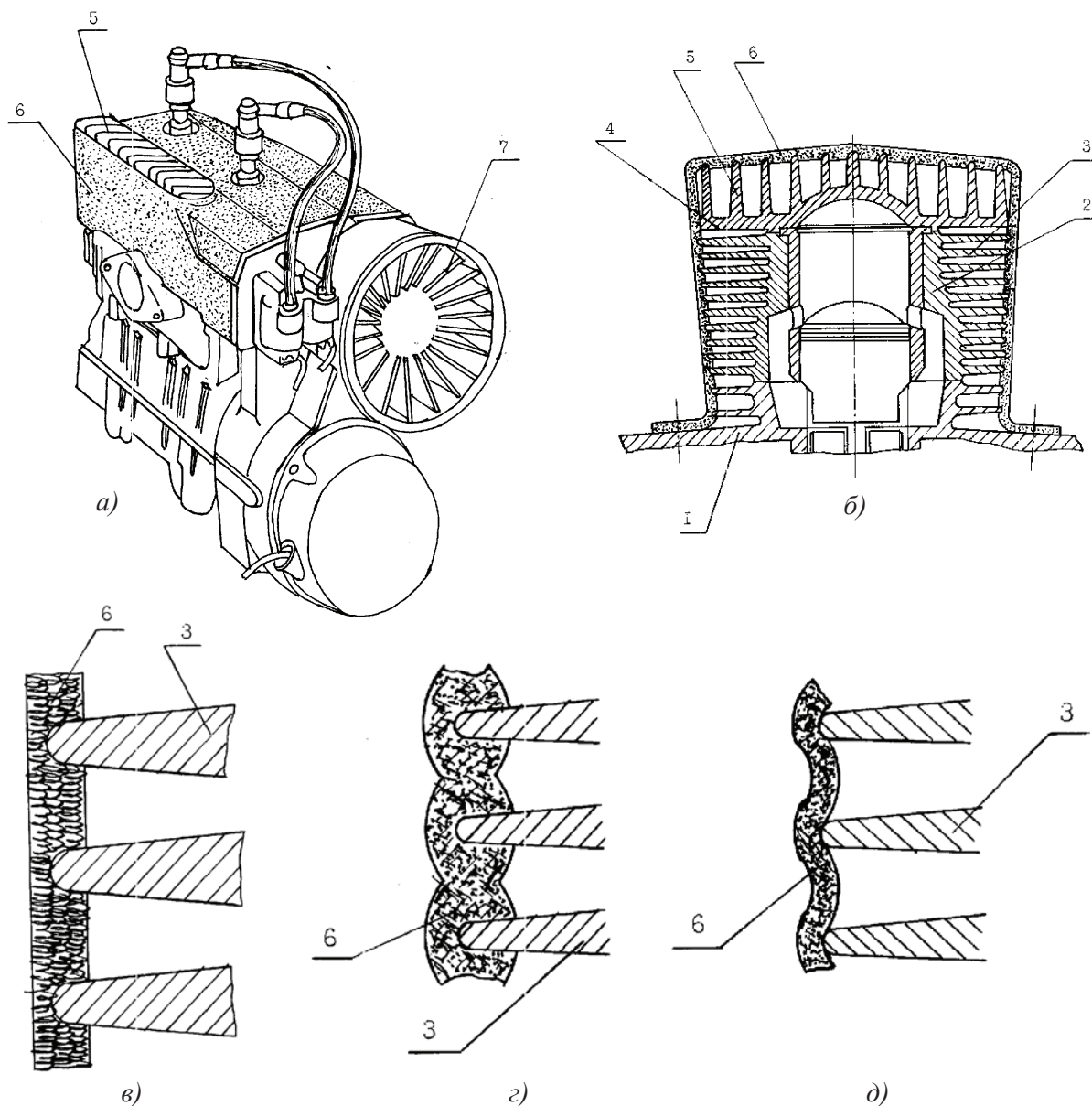


Рис. 11.23. ДВС с воздушным охлаждением, охваченный шумовибродемпфирующим кожухом (а, б), структура шумовибродемпфирующего кожуха, изготовленного из пористых шумовибродемпфирующих материалов ПСМ и МР (в, з, д):

1 – картер; 2 – цилиндр с ребрами охлаждения 3; 4 – головка блока цилиндров с ребрами охлаждения 5; 6 – шумовибродемпфирующий кожух; 7 – крыльчатка вентилятора охлаждения; ПСМ – пористый сетчатый материал; МР – металлорезина (сойферит)

Патент РФ на изобретение RU 2209326
 «Кожух двигателя внутреннего сгорания (ДВС)
 транспортного средства»

Авторы: Фесина М.И.,
 Филин Е.В.

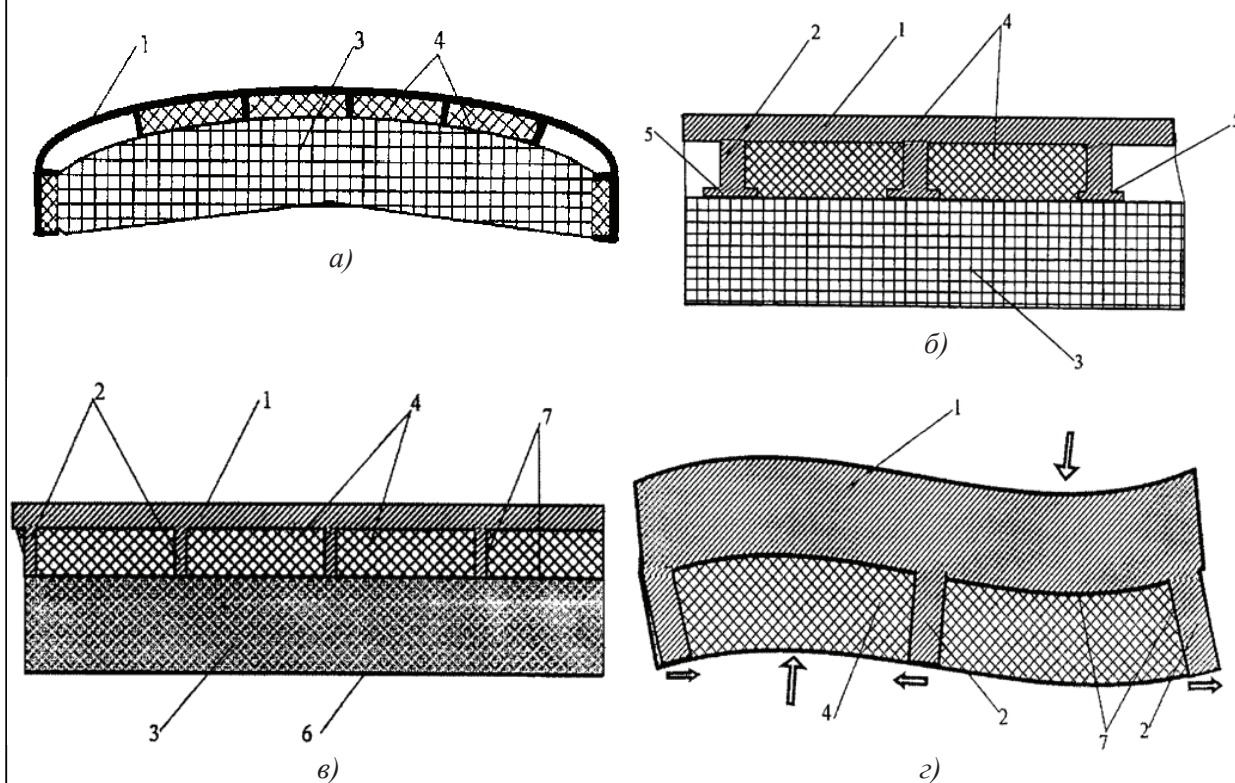


Рис. 11.24. Схемы конструктивного исполнения кожуха ДВС (а), фрагментов кожуха различных вариантов исполнения (б, в), динамических деформаций структуры кожуха (з):

1 – несущая декоративная панель; 2 – ребра жесткости; 3 – слой пористого звукопоглощающего материала; 4 – виброшумодемпфирующие прокладки из плотного вязкоэластичного материала; 5 – упорные элементы ребер жесткости; 6 – защитная звукопрозрачная газонепроницаемая пленка; 7 – монтажный адгезионный клеевой или термоактивный слой

Патент РФ на изобретение RU 2333371
 «Многоцилиндровый двигатель внутреннего сгорания (ДВС)»

Авторы: Фесина М.И., Ломакин В.В.,
 Малкин И.В., Дерябин И.В.,
 Андреянов С.А.

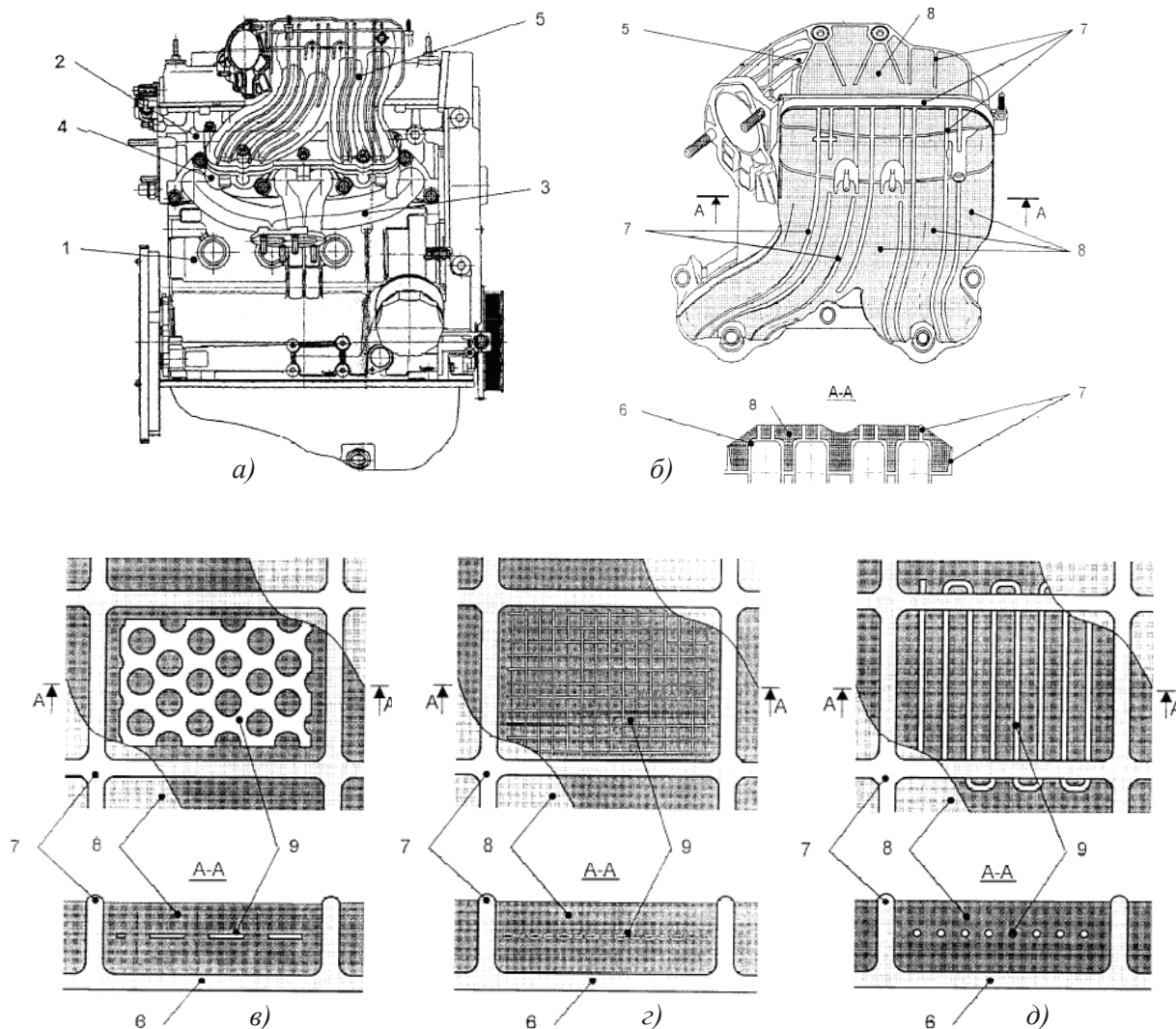


Рис. 11.25. ДВС со смонтированным модулем впуска (а), модуль впуска с межреберным пространством, заполненным полимерным виброшумодемпфирующим материалом (б), возможные варианты интегрирования несущего закладного элемента в структуру слоя межреберного виброшумодемпфирующего материала (в, з, д):

- 1 – блок цилиндров; 2 – головка блока цилиндров; 3 – выпускной коллектор; 4 – впускной коллектор; 5 – газосборный модуль впуска; 6 – наружная поверхность стенок корпуса модуля впуска; 7 – ребра жесткости; 8 – полимерный виброшумодемпфирующий материал; 9 – закладной армирующий элемент

Патент РФ на изобретение RU 2333376
 «Кожух картера сцепления силового агрегата
 колесного транспортного средства (ТС)»

Авторы: Фесина М.И., Ломакин В.В.,
 Малкин И.В., Дерябин И.В.,
 Андреянов С.А.

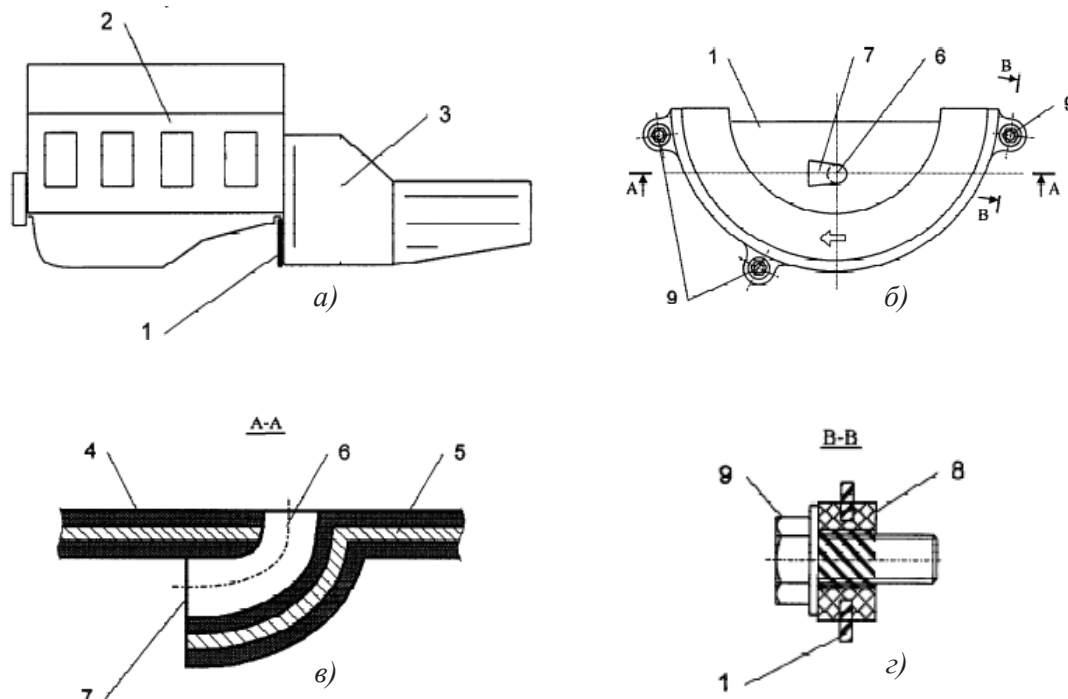


Рис. 11.26. Схемы расположения кожуха картера сцепления в составе силового агрегата ТС (а), вида сверху на кожух картера сцепления (б), сечения его структуры (в) и способа виброизолированного крепления (г):

1 – кожух картера сцепления; 2 – ДВС; 3 – картер сцепления; 4 – полимерный вязкоэластичный виброшумодемпфирующий материал; 5 – внутренний армирующий слой; 6 – трубчатый вентиляционный канал; 7 – открытый срез трубчатого канала; 8 – виброизолирующая втулка; 9 – крепежные элементы

Патент РФ на изобретение RU 2117792
«Моторный отсек транспортного средства (ТС)»

Авторы: Паньков Л.А., Матяев А.С.,
Фесина М.И., Данилов О.В.,
Соколов А.В.

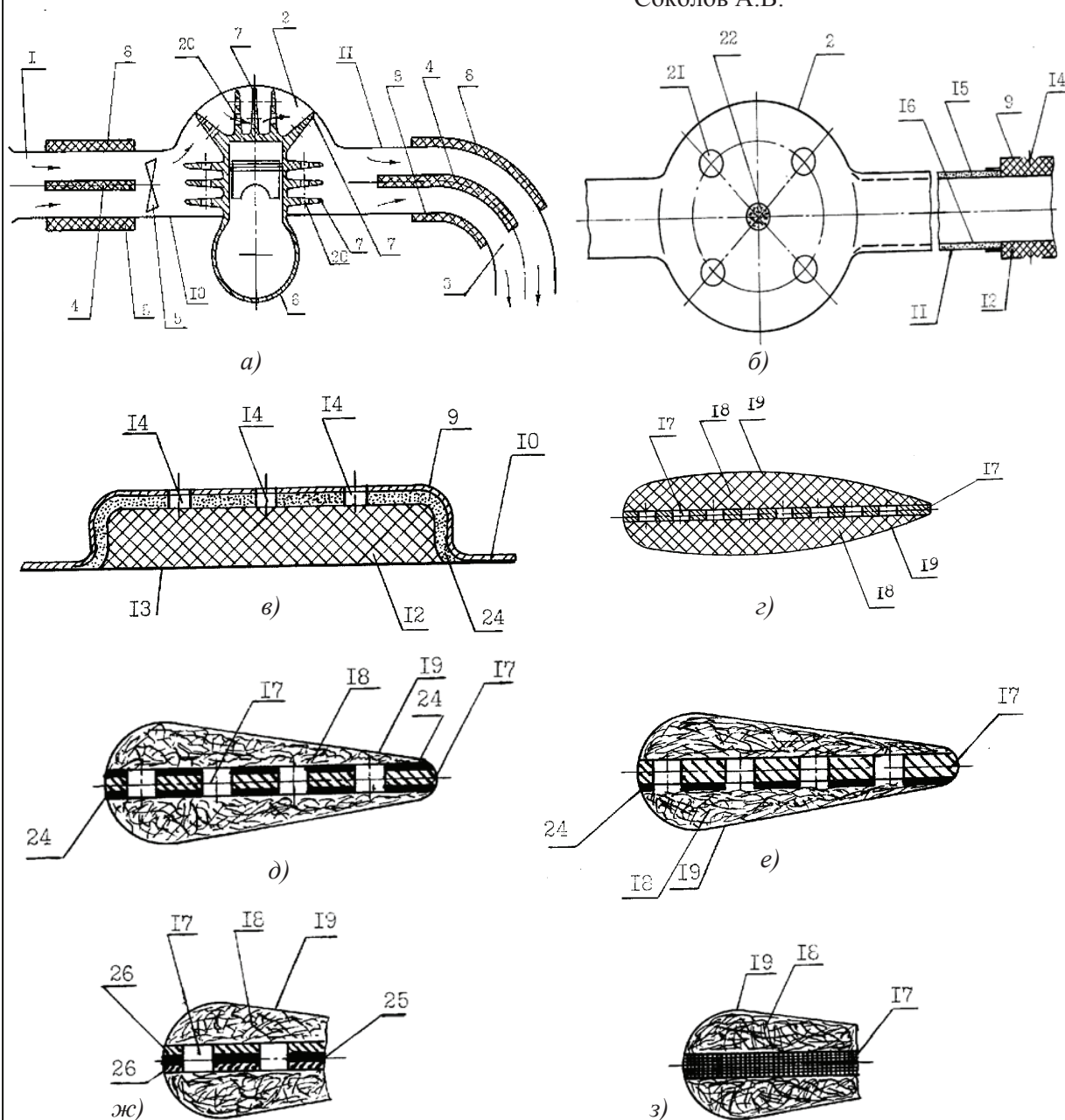


Рис. 11.27. Сечение ДВС (а), установленного в моторном отсеке ТС, вид в плане на моторный отсек ТС (б), вариант конструктивного исполнения шумопоглощающего элемента (в), смонтированного на стенке одного из воздухопроводов, различные варианты конструктивного исполнения делителей воздушного потока (д...з):

1 – входной воздухопровод моторного отсека; 2 – двигательный отсек; 3 – выходной воздухопровод; 4 – делитель воздушного потока; 5 – всасывающий вентилятор; 6 – ДВС; 7 – наружные ребра охлаждения ДВС; 8 – шумопоглощающие элементы стенок воздухопроводов; 9 – участок изгиба; 10, 11 – внутренние стенки воздухопроводов; 12, 18 – пористый звукопоглощающий материал; 13, 16, 19 – поверхность защитной фольги; 14, 20, 21 – сквозные отверстия перфорации; 15 – вязкоэластичный вибродемпфирующий материал; 17 – тонколистовая перфорированная пластина; 22 – воздухопроницаемые элементы из материала типа МР или прессованного сетчатого материала (ПСМ); 25 – внутренний пластиковый слой материала МПМ; 26 – внешние металлические слои материала МПМ

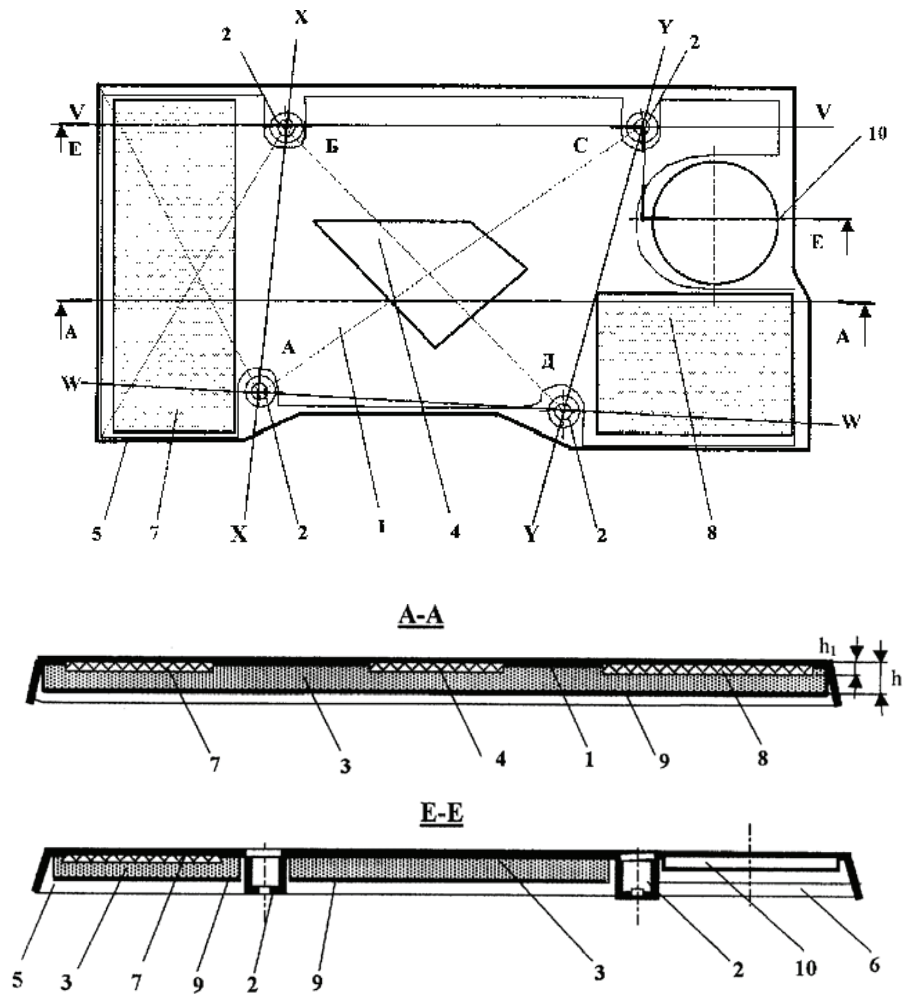


Рис. 11.28. Схема конструктивного исполнения верхнего кожуха ДВС с установленными на его внутренней поверхности виброшумодемпфирующими прокладками:
 1 – несущая декоративная панель кожуха; 2 – опоры под съемные резьбовые элементы;
 3 – прокладки из пористого звукопоглощающего материала; 4, 7, 8 – прокладки из плотного вязкоэластичного вибродемпфирующего материала; 5, 6 – консольные части несущей декоративной панели; 9 – лицевая звукопрозрачная газонепроницаемая пленка;
 10 – технологическое отверстие под маслозаливную горловину

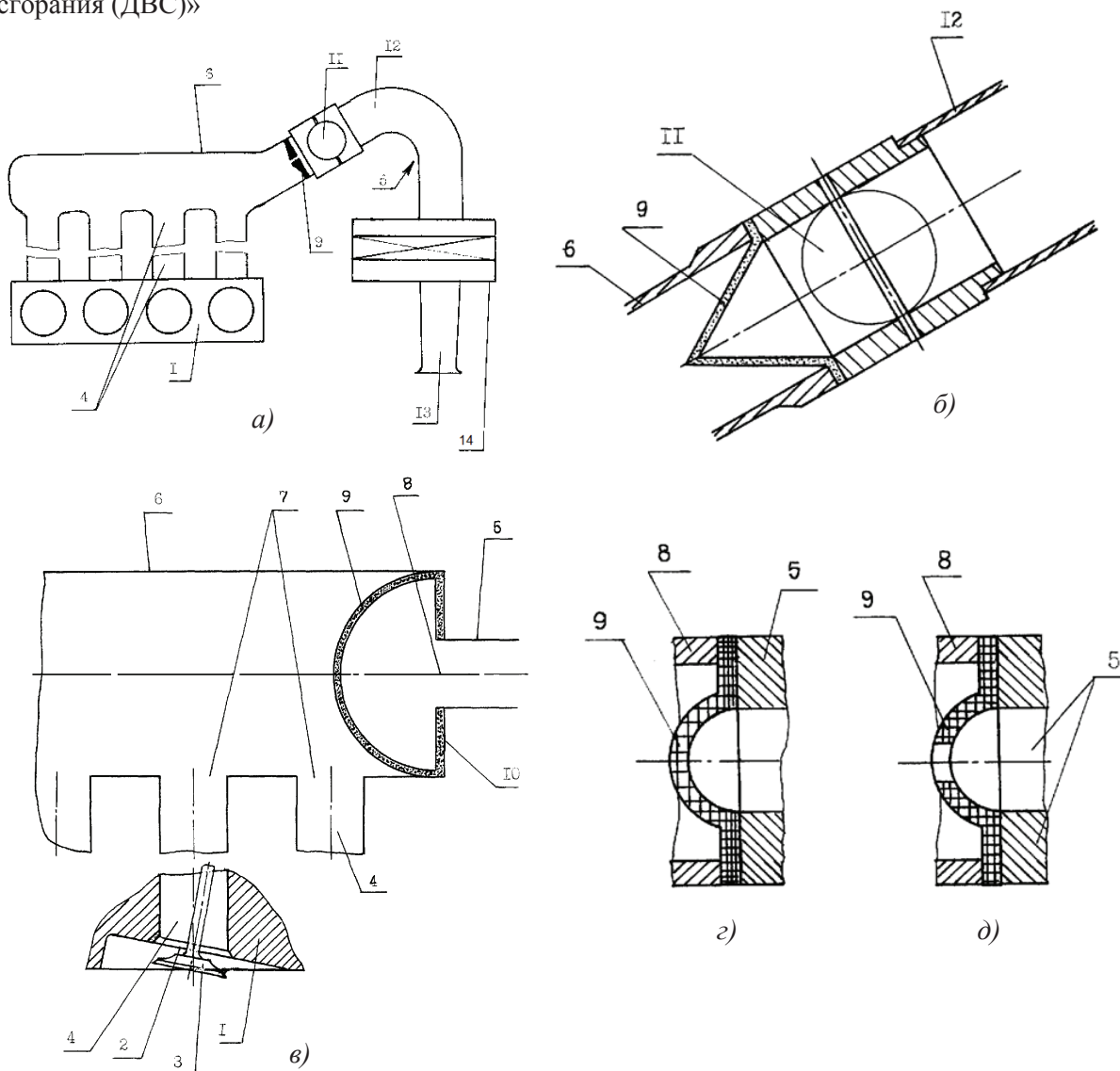


Рис. 11.29. Фрагмент тракта газова ДВС (а), соединение горловины ресивера с узлом очистки воздуха (б), фрагмент участка газова от горловины ресивера (в которой установлена пористая газопродуваемая диафрагма) до впускного клапана ДВС (в), варианты соединения горловины ресивера с впускной трубой ДВС (г, д):

1 – головка блока цилиндров; 2 – впускные отверстия головки; 3 – впускной клапан;
 4 – впускные патрубки; 5 – составные элементы подачи очищенного воздуха; 6 – газосборный ресивер; 7 – соединительные отверстия патрубков 4; 8 – горловина ресивера б;
 9 – пористая газопродуваемая звукопоглощающая диафрагма; 10 – торцевая стенка корпуса ресивера б; 11 – дроссельная заслонка; 12 – впускная труба; 13 – воздухозаборный патрубок;
 14 – воздухоочиститель

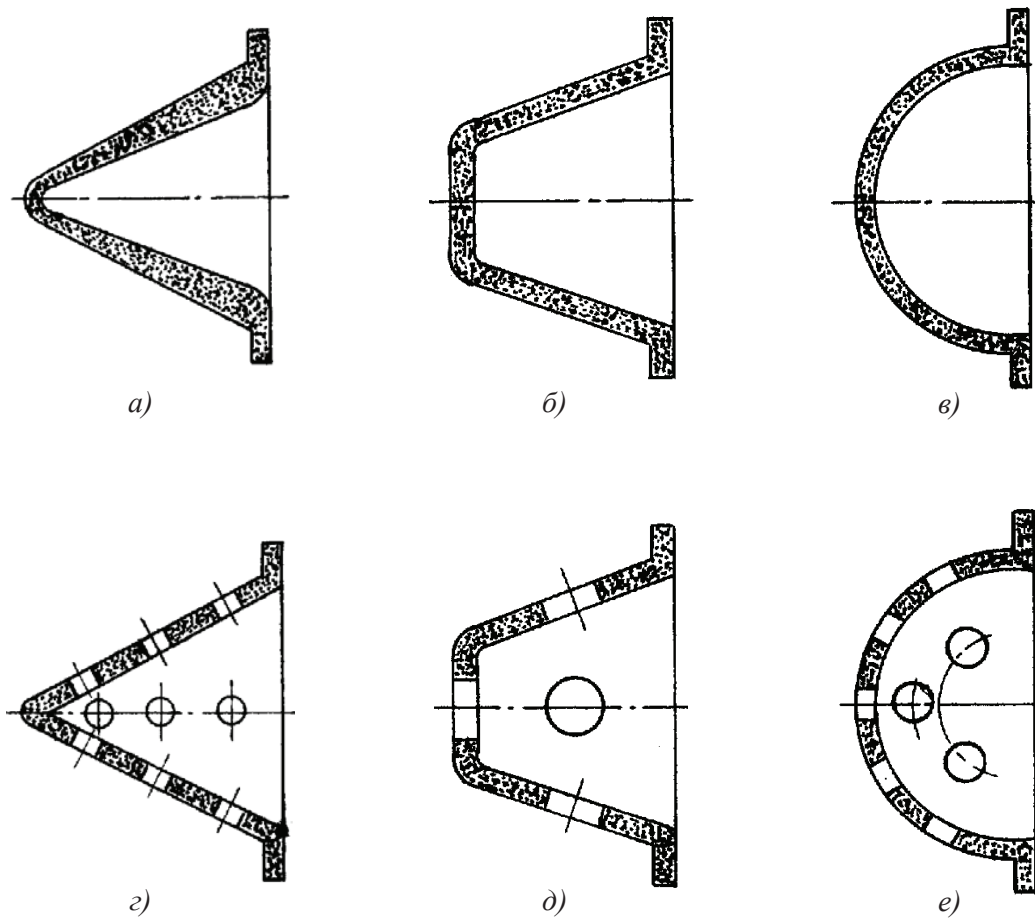


Рис. 11.30. Различные варианты конструктивного исполнения диафрагмы (a...e) газосборного ресивера из пористой звукопоглощающей газопродуваемой структуры типа прессованного сетчатого материала (ПСМ), металлорезины (МР)

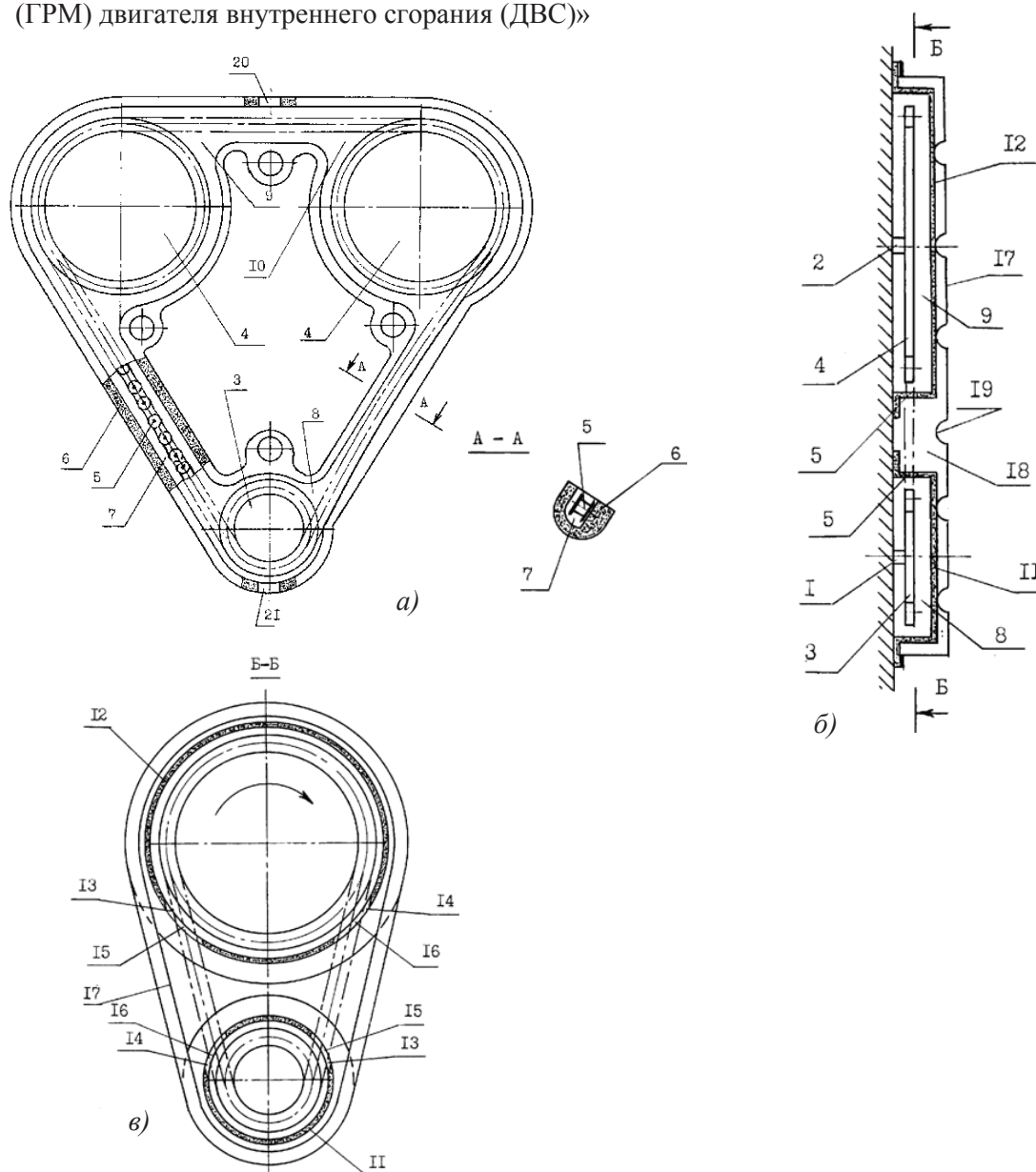


Рис. 11.31. Конструктивный вариант исполнения кожуха ГРМ (а), сечения составного варианта кожуха ГРМ в виде двух цилиндрических колпаков, охваченных внешней дополнительной оболочкой (б, в):

- 1 – ведущий (коленчатый) вал; 2 – ведомый (распределительный кулачковый) вал;
 3, 4 – приводные звездочки коленчатого вала и распределительного кулачкового вала;
 5 – цепь привода; 6 – шумоизолирующий кожух; 7 – туннели кожуха;
 8...10 – расширительные полости; 11, 12 – цилиндрические колпаки звездочек 3 и 4;
 13, 14 – вентиляционные окна колпаков 11 и 12; 15 – набегающая ветвь цепи привода 5;
 16 – сбегаящая ветвь цепи привода 5; 17 – дополнительная внешняя оболочка; 18 – локальная воздушная звукопоглощающая полость; 19 – ребра жесткости; 20 – отверстие для подвода масла внутрь кожуха 6; 21 – отверстие для отвода масла из полости кожуха 6.

Структура материала кожуха ГРМ – пористый газопродуваемый звукопоглощающий материал типа прессованного сетчатого материала (ПСМ), металлорезины (МР)

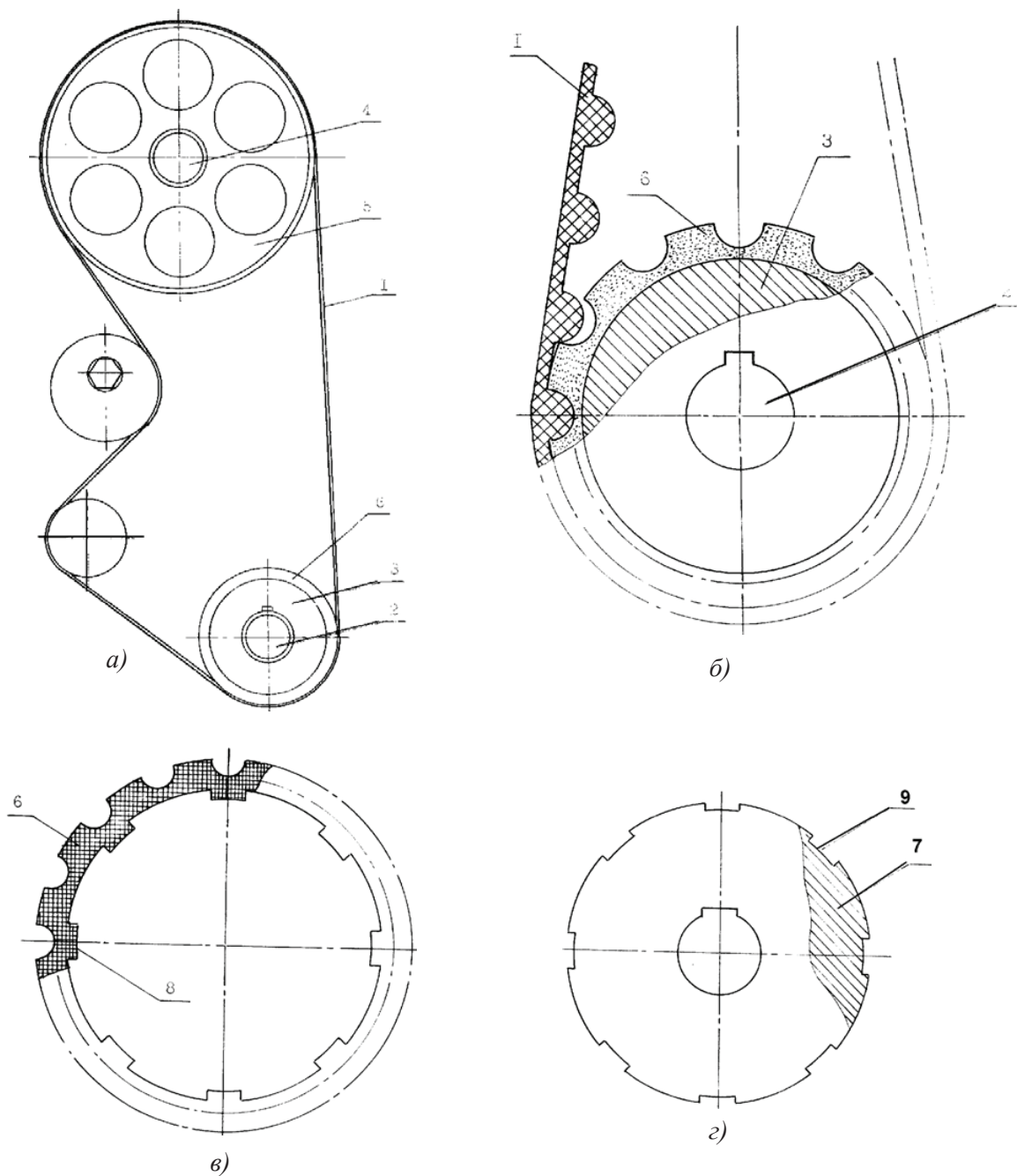


Рис. 11.32. Схема привода ГРМ ДВС (а, б), кольцевой элемент (в) и обод колеса (г) в разобранном виде:

1 – зубчатый ремень; 2 – ведущий вал (коленвал); 3 – зубчатое колесо ведущего вала; 4 – ведомый вал (распредвал); 5 – зубчатое колесо ведомого вала; 6 – **кольцевой элемент из газопроницаемого пористого звукопоглощающего металлического прессованного сетчатого материала (ПСМ)**; 7 – обод зубчатого колеса ведущего вала; 8 – фиксаторы в виде выступов; 9 – фиксаторы в виде пазов

«Цепной привод газораспределительного механизма (ГРМ) и вспомогательных агрегатов (ВА) двигателя внутреннего сгорания (ДВС)»

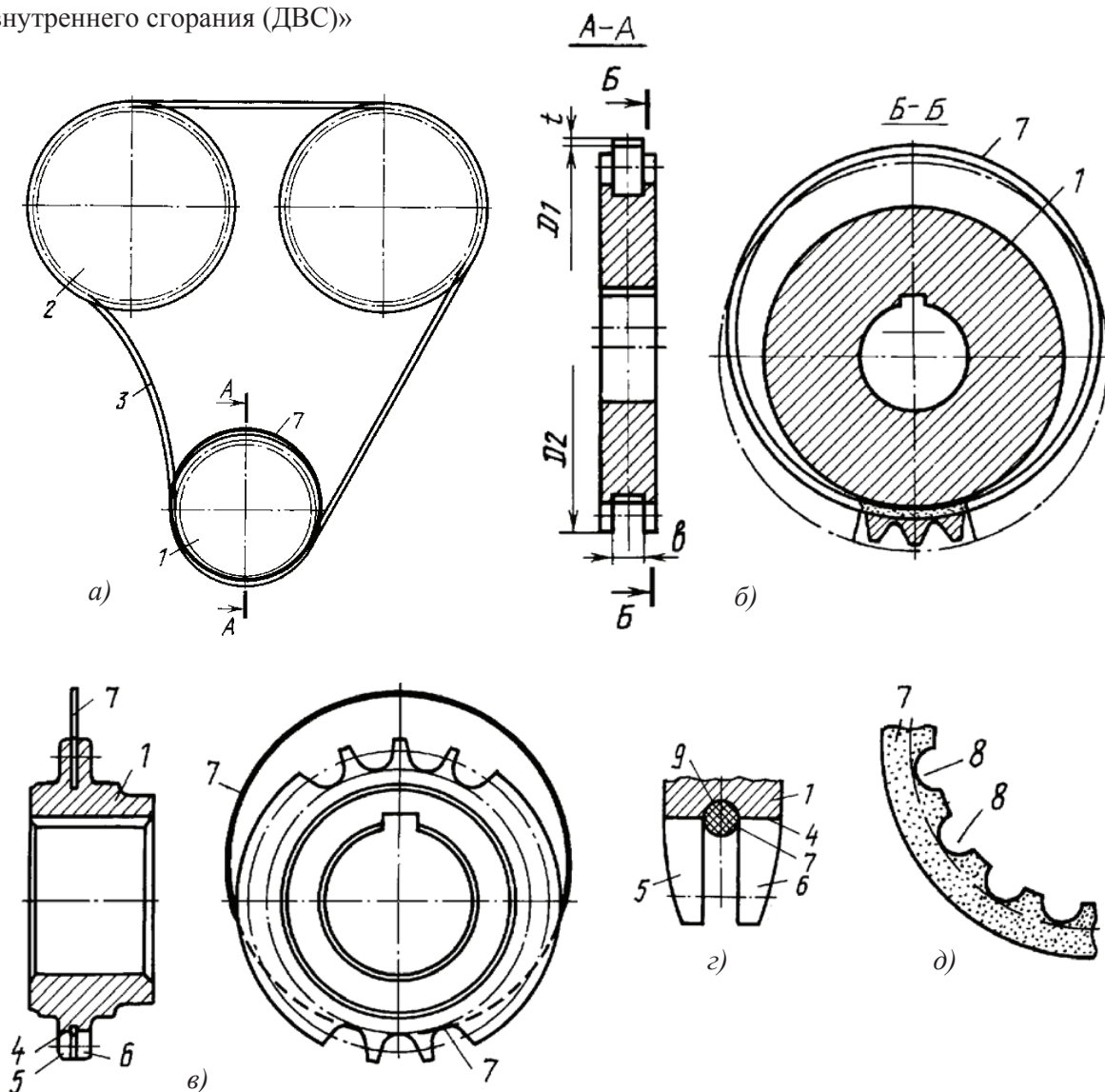


Рис. 11.33. Схема цепного привода ГРМ и ВА ДВС с двухрядной приводной цепью (а), схемы вариантов ведущей двухрядной (б) и однорядной (в) звездочки, рабочие венцы звездочки, в основаниях которых размещен упругий демпфирующий элемент (г), фрагмент упругого демпфирующего элемента (д) из пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего материала типа металлорезины (МР) или сетчатого материала (ПСМ): 1 – ведущая звездочка; 2 – ведомая звездочка; 3 – замкнутая приводная цепь; 4 – основание поверхности демпфирующего элемента; 5, 6 – рабочие венцы звездочки; 7 – **упругий демпфирующий элемент**; 8 – компенсаторы динамических деформаций; 9 – аксиальное кольцевое углубление; D1, D2 – внутренний и наружный диаметр упругого демпфирующего элемента 7; t – толщина упругого демпфирующего элемента 7

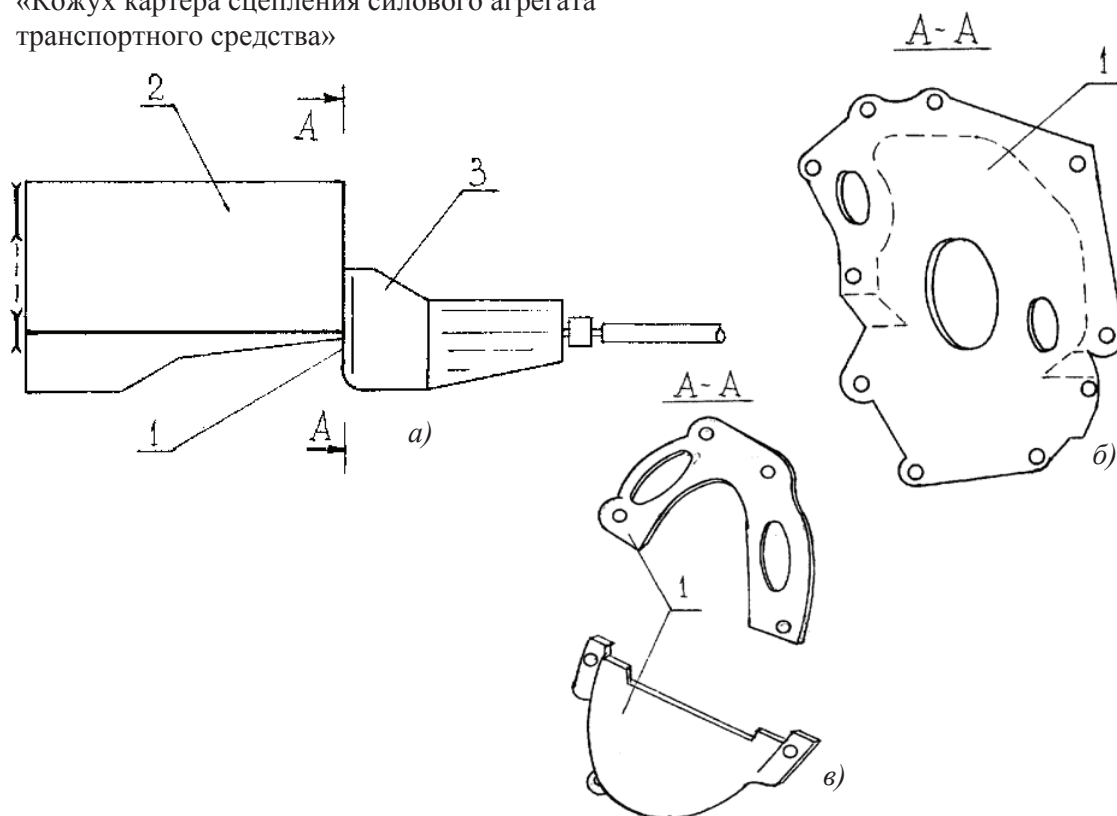


Рис. 11.34. Схема силового агрегата транспортного средства с установленным шумоизолирующим кожухом (а) и продольные осевые сечения различных вариантов шумоизолирующего кожуха:

1 – шумоизолирующий кожух из пористого воздушнопродуваемого металлического материала, обладающего звукопоглощающими и вибродемпфирующими свойствами, например, прессованного сетчатого материала (ПСМ); 2 – торцевые стенки блок-картера ДВС; 3 – картер сцепления

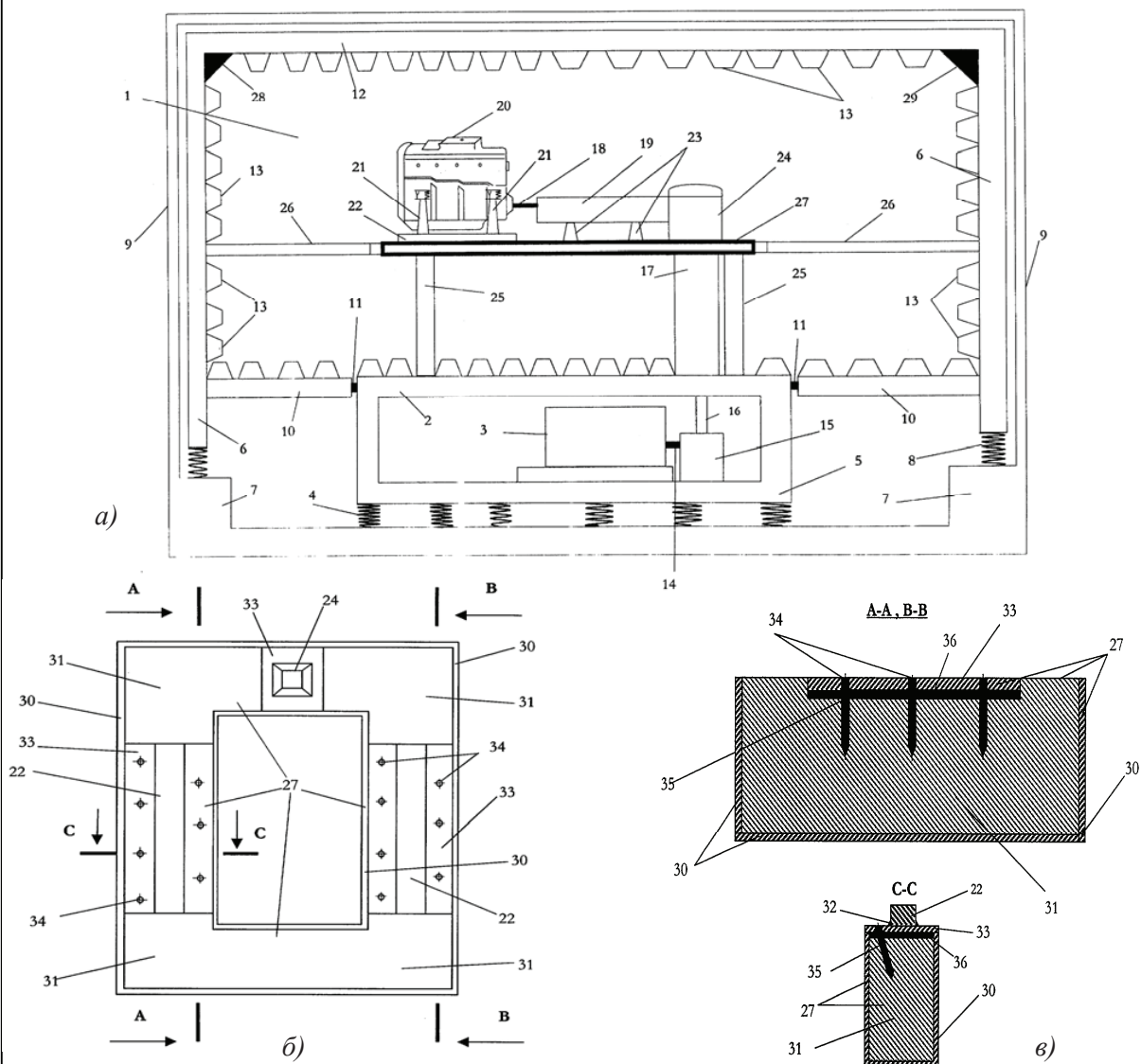


Рис. 11.35. Схемы стенда для акустических исследований двигателей внутреннего сгорания, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а), конструкции элементов несущей рамы силового каркаса (б, в):

- 1 – безэховая акустическая камера; 2 – поверхность пола безэховой акустической камеры; 3 – приводная балансирная асинхронная машина стенда; **4, 8 – виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка безэховой акустической камеры; 7 – периметр пола; 9 – внешняя бетонная оболочка; 10 – пол камеры; **11 – виброшумоизолирующие резиновые уплотнители**; 12 – потолок безэховой акустической камеры; 13 – звукопоглощающие кулисы; 14 – нижний приводной вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень стенда; 17, 19 – защитный кожух; 18 – верхний приводной вал; 20 – объект испытаний (ДВС); 21 – вертикальные стойки системы крепления; 22 – продольные стойки системы крепления; 23 – стойки защитного кожуха; 19; 24 – корпус верхнего опорного подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; **26 – звукопрозрачные решетки**; 27 – несущая рама силового каркаса; 28, 29 – высокопроизводительная приточная и вытяжная вентиляция камеры; **30 – металлический короб**; 31 – бетон; **33 – металлическая плита**; 34 – соосные глухие отверстия; **35 – адгезионное виброшумодемпфирующее вещество**

Патент РФ на изобретение RU 2217726
 «Низкошумный стенд для акустических исследований двигателей внутреннего сгорания (ДВС)»

Авторы: Прохоров С.П., Фесина М.И.,
 Дерябин И.В.

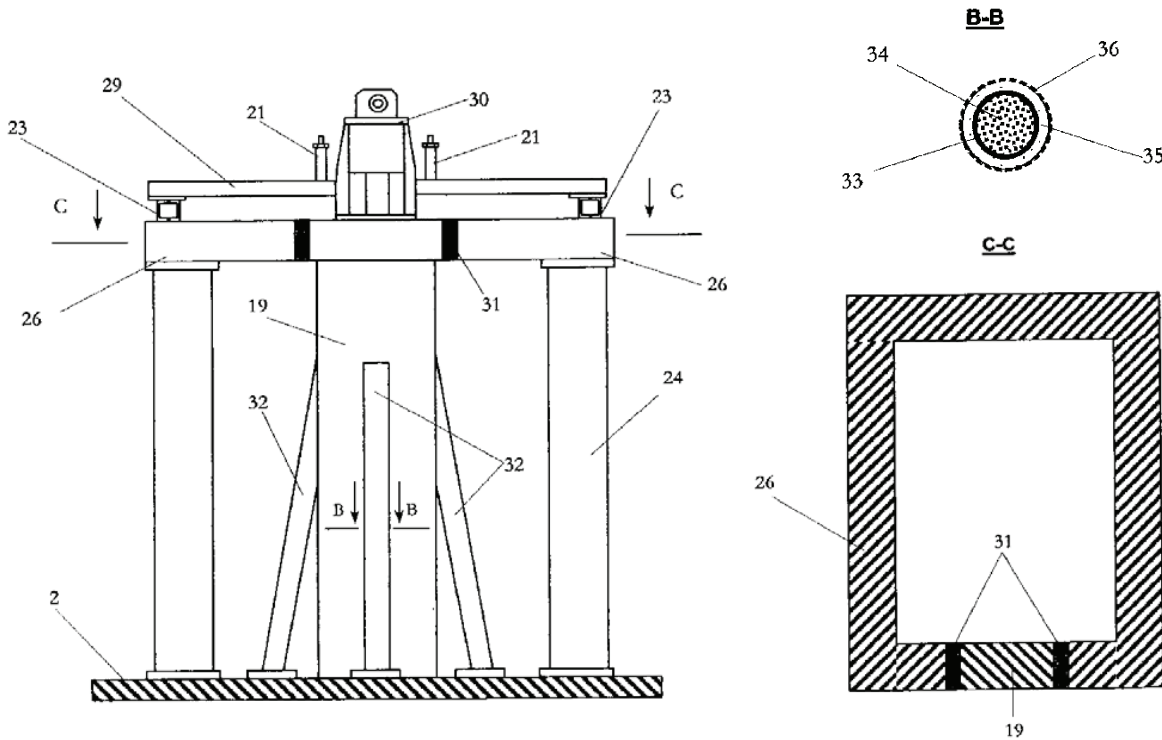


Рис. 11.36. Фрагмент конструкции низкошумного стенда для акустических исследований ДВС: 2 – бетонный пол приводной балансирной машины; 19 – защитный кожух приводного ремня стенда; 21 – вертикальные стойки системы крепления ДВС; 23 – продольные направляющие системы крепления ДВС; 24 – несущий силовой каркас; 26 – рама несущего силового каркаса; 29 – поперечные направляющие; 30 – корпус верхнего опорного приводного подшипникового узла; 32 – трубчатые опорные стойки в виде труб 33 или коробов квадратного сечения; **34 – сыпучее вибродемпфирующее вещество; 35 – пористый звукопоглощающий материал; 36 – защитная газовлагонепроницаемая звукопрозрачная фольга**

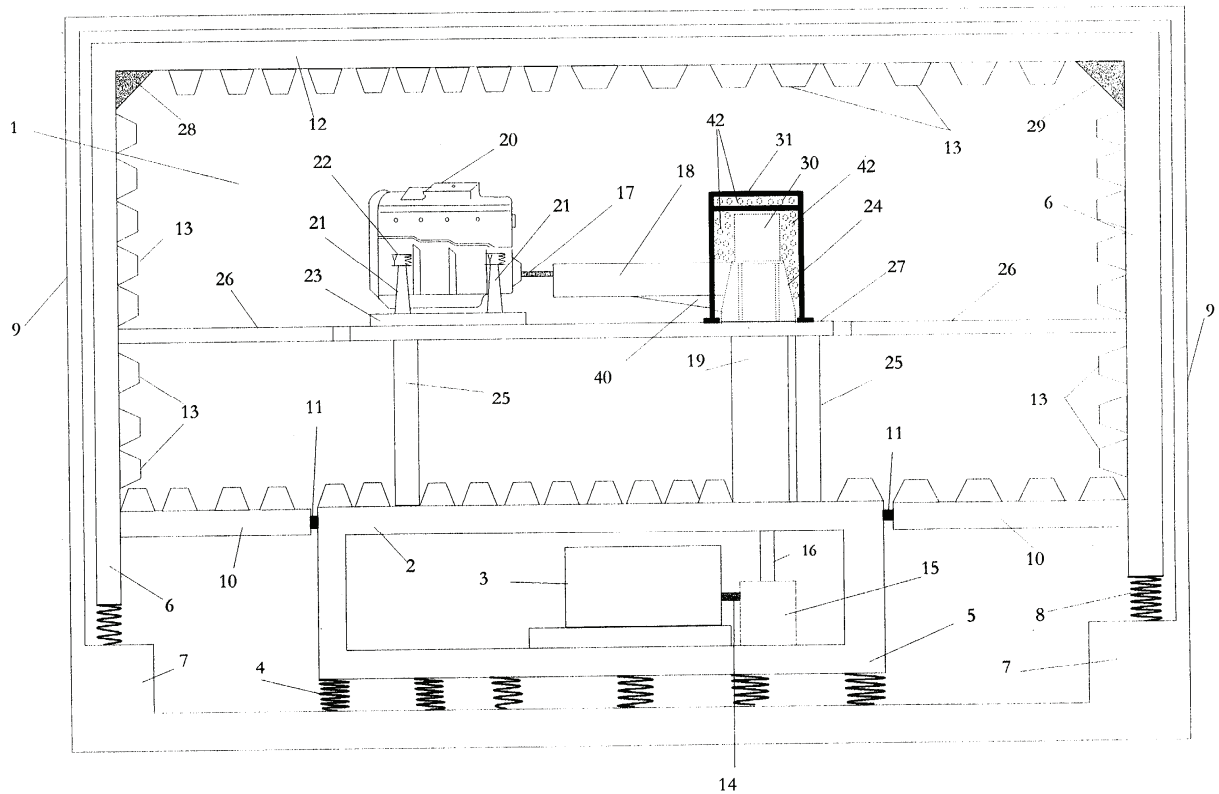


Рис. 11.37. Схема конструкции акустического моторного исследовательского стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры:
1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирная асинхронная машина; 4, 8 – **виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка; 7 – периметрические зоны пола камеры; 9 – внешняя бетонная оболочка; 11 – **резиновые уплотнители**; 12 – поверхность потолка камеры; 13 – **звукопоглощающие кулисы**; 14 – нижний приводной вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень стенда; 17 – верхний приводной вал; 18, 19 – защитный кожух; 20 – ДВС; 21 – вертикальные стойки системы крепления; 22 – **резино-металлические упругие опоры**; 23 – продольные балки системы крепления; 24 – корпус верхнего подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; 26 – **звукопрозрачные решетки пола**; 27 – несущая рама силового каркаса; 28 – приточная вентиляция камеры; 29 – вытяжная вентиляция камеры; 30 – металлическая крышка; 31 – **акустическая капсула «плавающего» типа**; 40 – кронштейн защитного кожуха 18; 42 – **объемный поглотитель звука**

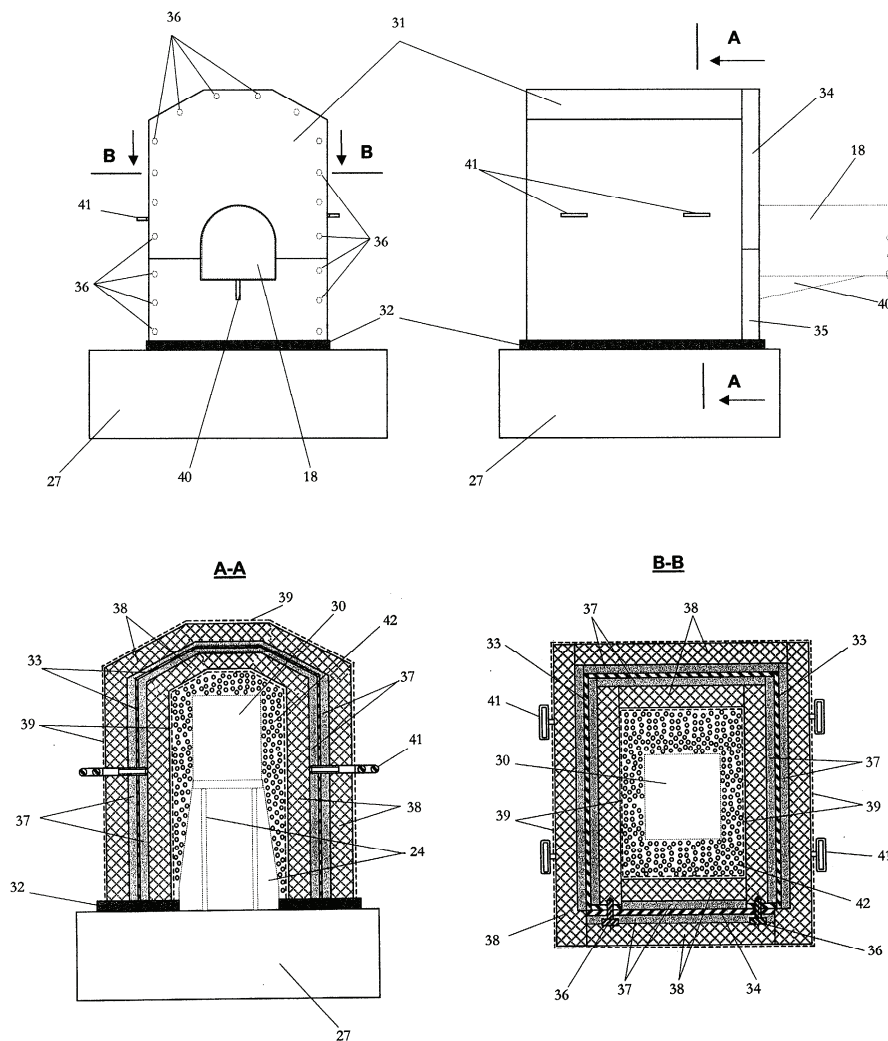


Рис. 11.38. Фрагмент акустического моторного исследовательского стенда:
 18 – защитный кожух; 24 – корпус верхнего подшипникового узла; 27 – несущая рама силового каркаса; 30 – металлическая крышка; 31 – акустическая капсула «плавающего» типа;
 32 – упругая резиновая подложка; 33 – тонкостенный металлический каркас; 34, 35 – верхняя и нижняя съемные металлические крышки; 36 – крепежные винты; 37 – слой вибродемпфирующего материала; 38 – слой пористого звукопоглощающего материала; 39 – защитный звукопрозрачный слой; 40 – кронштейн защитного кожуха 18

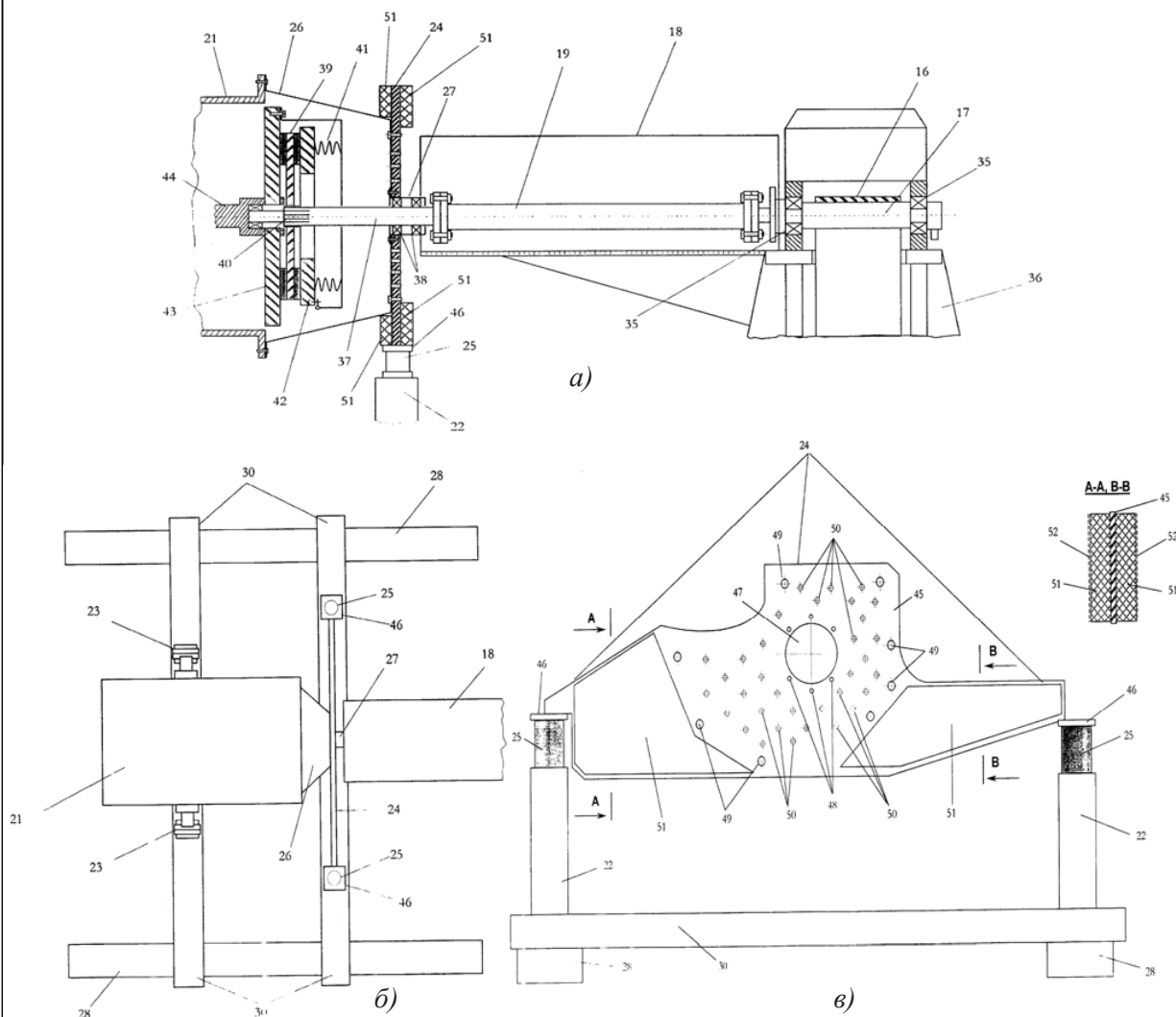


Рис. 11.39. Схема механического привода стенда для акустических исследований силового агрегата (а) и отдельных фрагментов конструкции стенда (б, в):

- 16 – приводной ремень; 17 – верхний приводной вал; 18 – защитный кожух;
 19 – промежуточный карданный вал; 21 – силовой агрегат; 22 – вертикальные стойки системы крепления силового агрегата; **23 – резино-металлические упругие опоры**; 24 – стендовая задняя опора; **25 – резино-металлические упругие подушки**; 26 – картер сцепления; 27 – корпус переходного опорного подшипникового узла; 28 – продольные направляющие; 30 – поперечные направляющие; 35 – опорные шариковые подшипники; 36 – верхний опорный подшипниковый узел; 37 – специальный вал; 38 – опорные шариковые подшипники; 39 – ведомый диск сцепления; 40 – шлицы; 41 – нажимная пружина; 42 – ведущий диск сцепления; 43 – маховик; 44 – коленчатый вал ДВС; 45 – двухплечевая металлическая плита; 46 – кронштейн; 47, 48, 49 – коммуникационные отверстия; 50 – разгрузочные компенсирующие отверстия; **51 – слой пористого звукопоглощающего материала**; **52 – защитный звукопрозрачный газонепроницаемый слой**

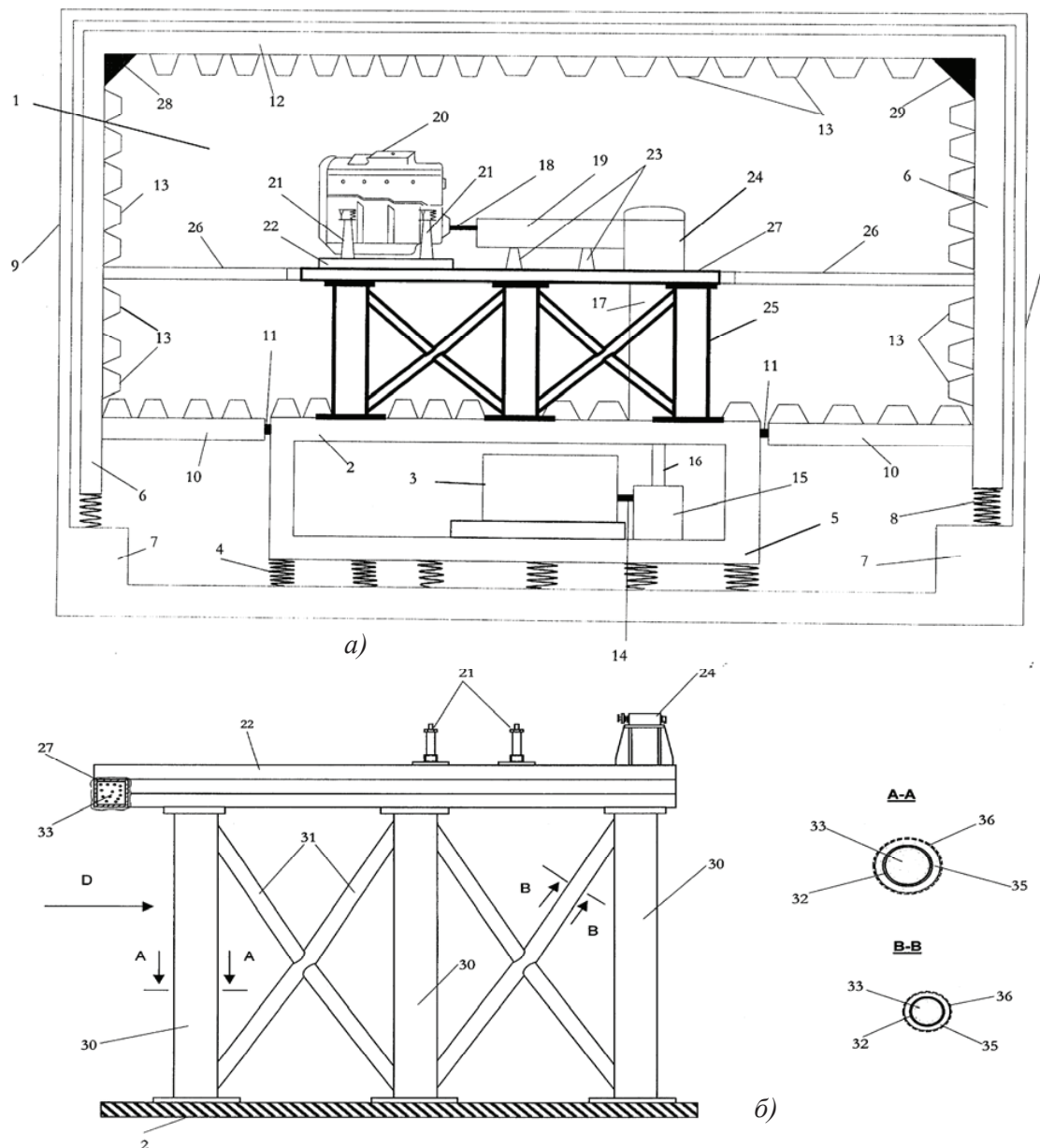


Рис. 11.40. Схема конструкции акустического моторного исследовательского стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а), и схема конструкции его несущего силового каркаса (б):

- 1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирная асинхронная машина; 4, 8 – **виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка камеры; 7 – периметрические зоны пола; 9 – внешняя бетонная оболочка здания; 11 – резиновые уплотнители; 12 – поверхность потолка; **13 – звукопоглощающие кулисы**; 14 – нижний вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень; 17, 19 – защитный кожух; 18 – верхний вал; 20 – исследуемый ДВС; 21 – вертикальные стойки системы крепления; 22 – продольные балки; 23 – стойки защитного кожуха 19; 24 – корпус верхнего подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; 26 – звукопрозрачные решетки; 27 – несущая рама силового каркаса; 28 – приточная вентиляция камеры; 29 – вытяжная вентиляция камеры; 30 – стойки с пустотелым сечением; 31 – растяжки пустотелого сечения; 32 – трубы пустотелого сечения; **33 – виброшумодемпфирующее вещество**; 34 – заглушки; **35 – пористый звукопоглощающий материал**; **36 – защитный звукопрозрачный газонепроницаемый слой**

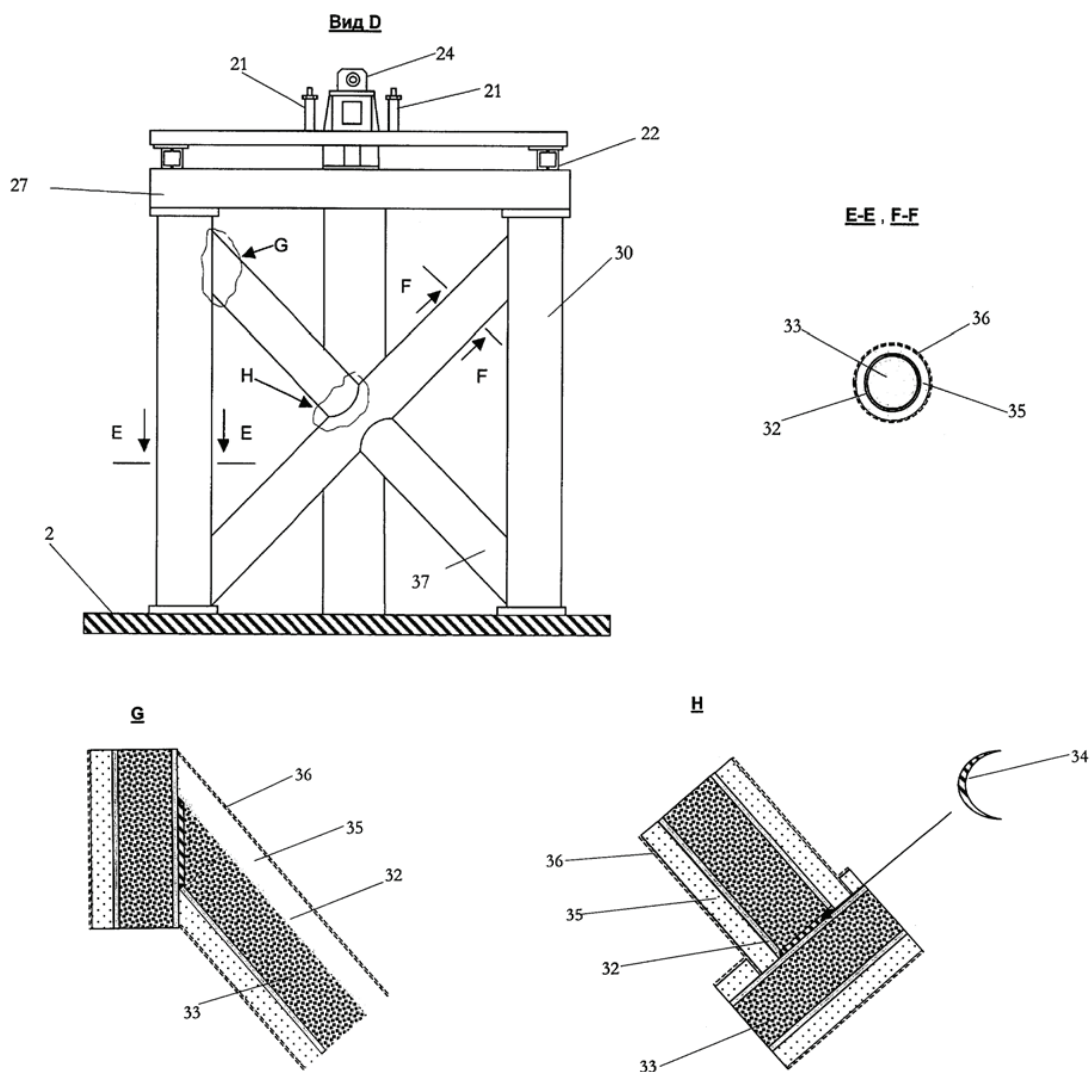


Рис. 11.41. Схема конструкции несущего силового каркаса акустического моторного исследовательского стенда:

2 – поверхность пола; 21 – вертикальные стойки системы крепления силового агрегата; 22 – продольные балки; 24 – корпус верхнего подшипникового узла; 27 – несущая рама силового каркаса; 30 – стойки с пустотелым сечением; 32 – трубы пустотелого сечения; 33 – виброшумодемпфирующее вещество; 34 – заглушки; 35 – пористый звукопоглощающий материал; 36 – защитный звукопрозрачный газовлагонепроницаемый слой

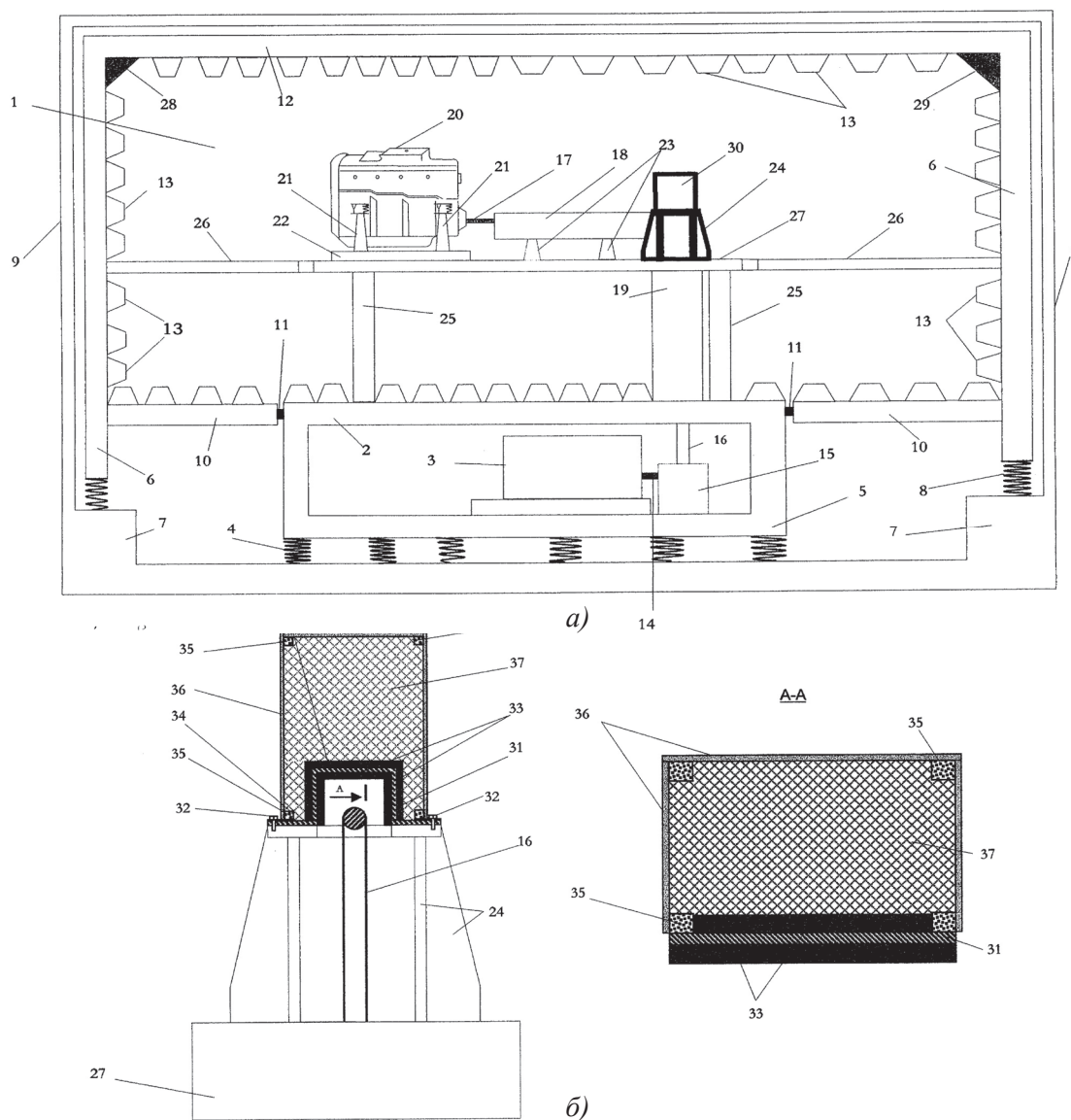


Рис. 11.42. Схема конструкции акустического моторного исследовательского стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а), схема конструкции звукоизолирующего защитного кожуха корпуса верхнего опорного подшипникового узла (б): 1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирующая асинхронная машина; 4, 8 – **виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка; 7 – периметрические зоны пола; 9 – внешняя бетонная оболочка; 11 – **резиновые уплотнители**; 12 – поверхность потолка; 13 – **звукопоглощающие кулисы**; 14 – нижний вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень; 17 – верхний вал; 18, 19 – защитный кожух; 20 – исследуемый ДВС; 21 – вертикальные стойки системы крепления; 22 – продольные балки; 23 – стойки защитного кожуха; 24 – основание корпуса верхнего опорного подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; 26 – **звукопрозрачные решетки**; 27 – несущая рама силового каркаса; 28 – приточная вентиляция; 29 – вытяжная вентиляция; 30 – корпус верхнего опорного подшипникового узла; 31 – несущий металлический корпус; 32 – крепежные винты; 33 – **слой вязкоэластичного виброшумодемпфирующего материала**; 34 – металлические трубы замкнутого прямоугольного профиля; 35 – **сыпучее виброшумодемпфирующее вещество**; 36 – металлические перфорированные пластины; 37 – **пористый звукопоглощающий материал**

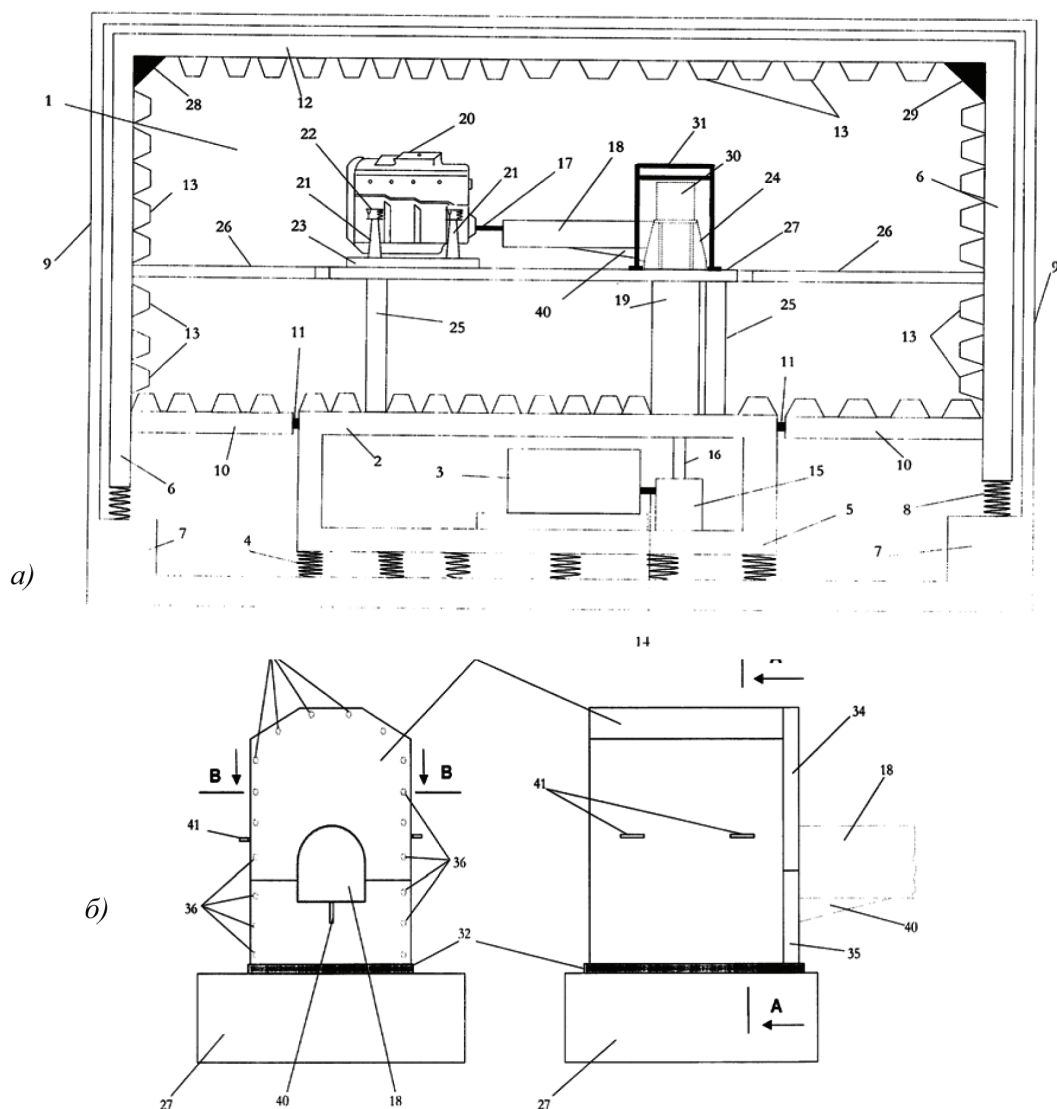


Рис. 11.43. Схема конструкции акустического моторного исследовательского стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а), схема конструкции акустической капсулы корпуса верхнего опорного подшипникового узла (б):
1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирная асинхронная машина; **4, 8 – виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка; 7 – периметрические зоны пола; 9 – внешняя бетонная оболочка; 11 – резиновые уплотнители; 12 – поверхность потолка;
13 – звукопоглощающие кулисы; 14 – нижний вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень; 17 – верхний вал; 18, 19 – защитный кожух; 20 – исследуемый ДВС; 21 – вертикальные стойки системы крепления; **22 – резино-металлические упругие опоры**; 23 – продольные балки системы крепления; 24 – основание корпуса верхнего подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; **26 – звукопрозрачные решетки**; 27 – несущая рама силового каркаса; 28 – приточная вентиляция; 29 – вытяжная вентиляция;
31 – акустическая капсула плавающего типа; 32 – упругая резиновая подложка; **34, 35 – задемпфированные крышки**; 36 – крепежные винты; 40 – кронштейн защитного кожуха 18; 41 – рукоятки для технического обслуживания

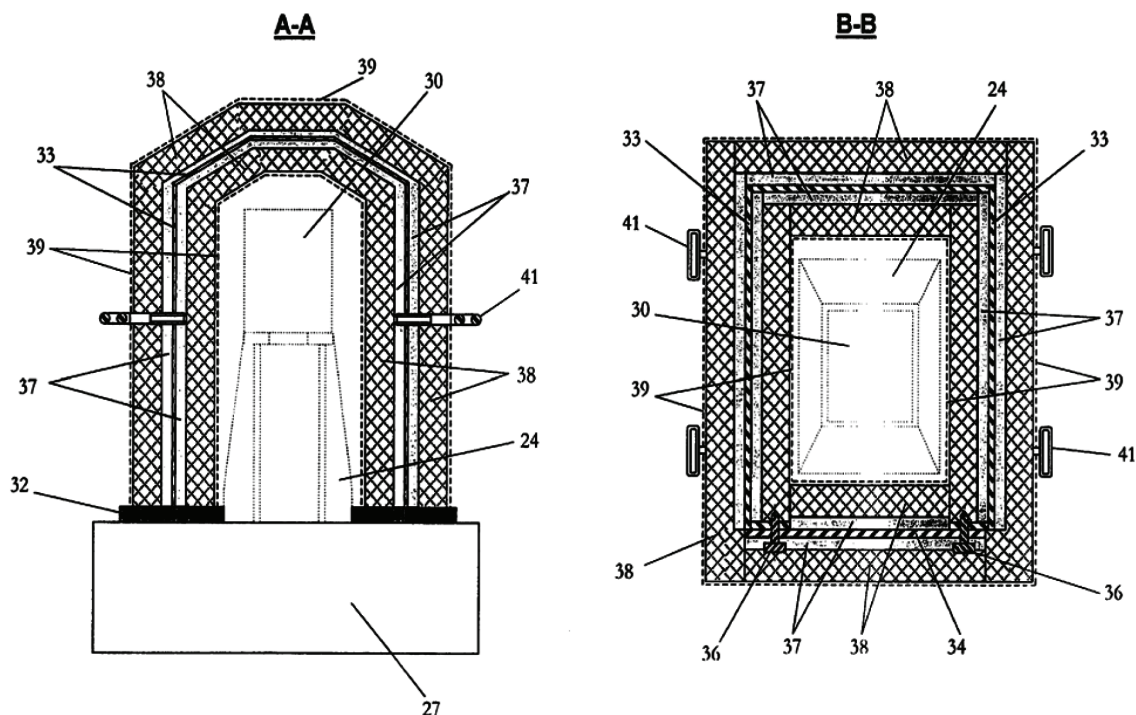


Рис. 11.44. Схема конструкции акустической капсулы корпуса верхнего опорного подшипникового узла (разрезы А-А и В-В):

- 24 – основание корпуса верхнего подшипникового узла; 27 – несущая рама силового каркаса;
32 – упругая резиновая подложка; 33 – каркас акустической капсулы;
34, 35 – задемпфированные крышки; 36 – крепежные винты; 37 – слой вязкоэластичного виброшумодемпфирующего материала; 38 – плосколистовые панели из пористого звукопоглощающего материала; 39 – защитный звукопрозрачный газонепроницаемый слой; 41 – рукоятки для технического обслуживания

Патент РФ на изобретение RU 2202774
 «Универсальная исследовательская переналаживаемая рама-платформа для монтажа и доводки силовых агрегатов транспортных средств (варианты)»

Авторы: Фесина М.И., Шепелев В.А.,
 Шепелев А.В., Волков А.Б.,
 Подкорытов И.В.

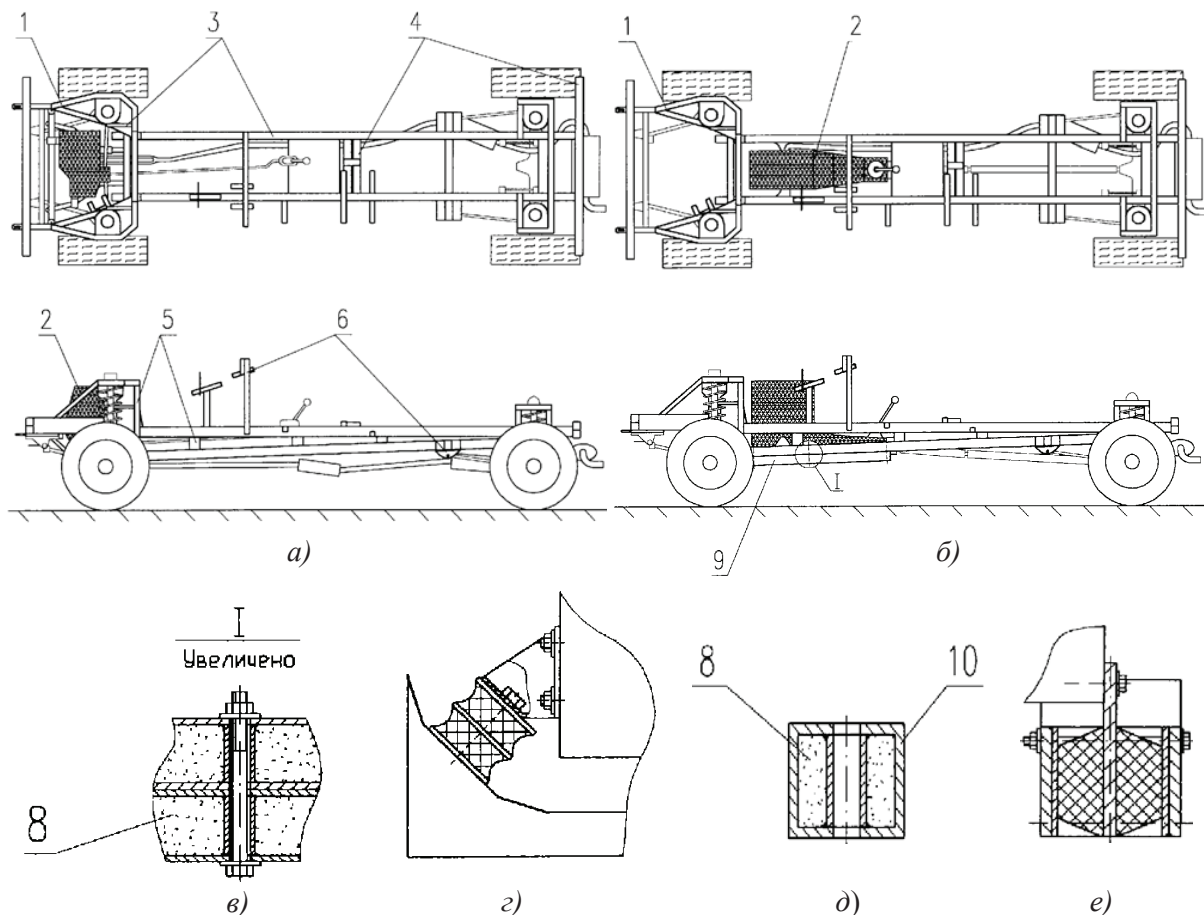


Рис. 11.45. Схемы исследовательской рамы-платформы, на которой скомпонованы версии автотранспортного средства с поперечным (а) и продольным (б) расположением силового агрегата, возможного варианта крепления подрамника к несущей каркасной конструкции (в), фрагмента крепления передней опоры силового агрегата к подрамнику (г), сечения подрамника в зоне присоединительных крепежных отверстий (д), фрагмента крепления задней опоры силового агрегата к подрамнику (е):

1 – пространственная каркасная трубчатая конструкция; 2 – силовой агрегат; 3 – полые продольные лонжероны; 4 – полые поперечные лонжероны; 5 – полые вертикальные стойки; 6 – приварные металлические кронштейны; 8 – сыпучее виброшумодемпфирующее вещество; 9 – специальный подрамник; 10 – полые трубчатые профили

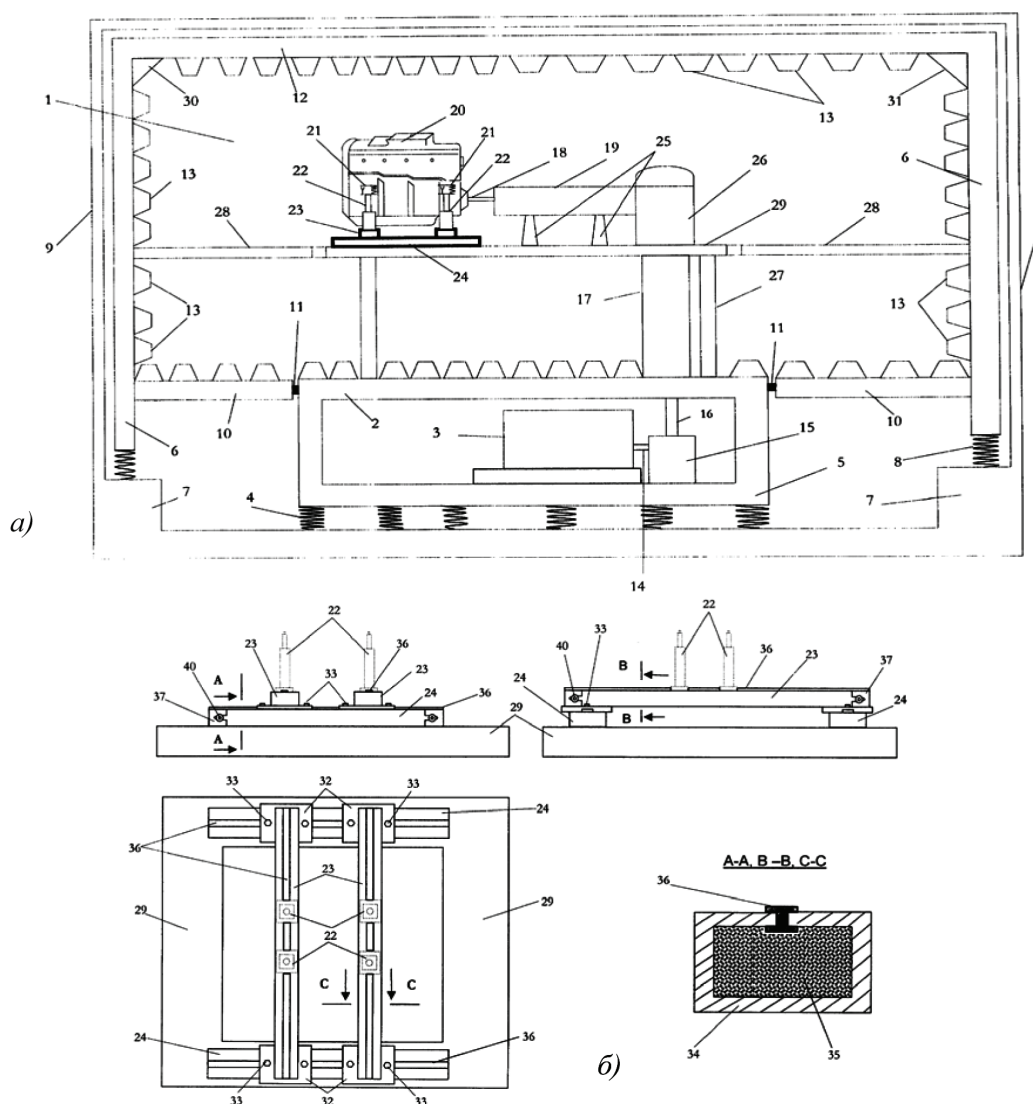


Рис. 11.46. Схема низкошумного акустического моторного стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а) и фрагментов его конструкции (б):
 1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирующая асинхронная машина; 4, 8 – виброизолирующие пружины; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка; 7 – периметрические зоны пола; 9 – внешняя бетонная оболочка; 11 – резиновые уплотнители; 12 – поверхность потолка;
 13 – звукопоглощающие кулисы; 14 – нижний вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень; 17, 19 – защитный кожух; 18 – верхний вал; 20 – ДВС; 21 – упругие резино-металлические опоры; 22 – вертикальные стойки системы крепления; 23 – поперечные направляющие; 24 – продольные направляющие; 25 – стойки защитного кожуха 19; 26 – корпус верхнего опорного подшипникового узла; 27 – несущий силовой каркас; 28 – звукопрозрачные решетки; 29 – несущая рама силового каркаса;
 30 – приточная вентиляция; 31 – вытяжная вентиляция; 32 – прижимные пластины; 33 – стягивающие болты; 34 – металлический пустотелый профиль прямоугольного сечения; 35 – сыпучее виброшумодемпфирующее вещество; 36 – вибродемпфирующий резиновый уплотнитель; 37 – съемные торцевые крышки; 38 – упругий демпфирующий элемент; 39 – пазы; 40 – прижимной болт

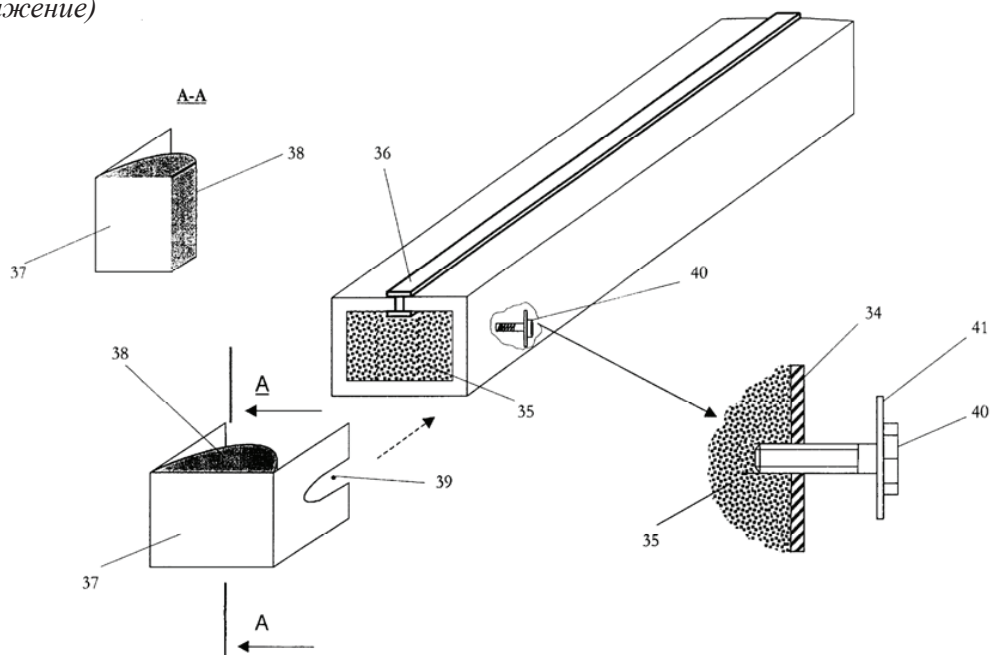


Рис. 11.47. Схема фрагментов конструкции низкошумного акустического моторного стенда:
34 – металлический пустотелый профиль прямоугольного сечения; 35 – сыпучее
виброшумодемпфирующее вещество; 36 – вибродемпфирующий резиновый уплотнитель;
37 – съемные торцевые крышки; 38 – упругий демпфирующий элемент; 39 – пазы;
40 – прижимной болт; 41 – шайба

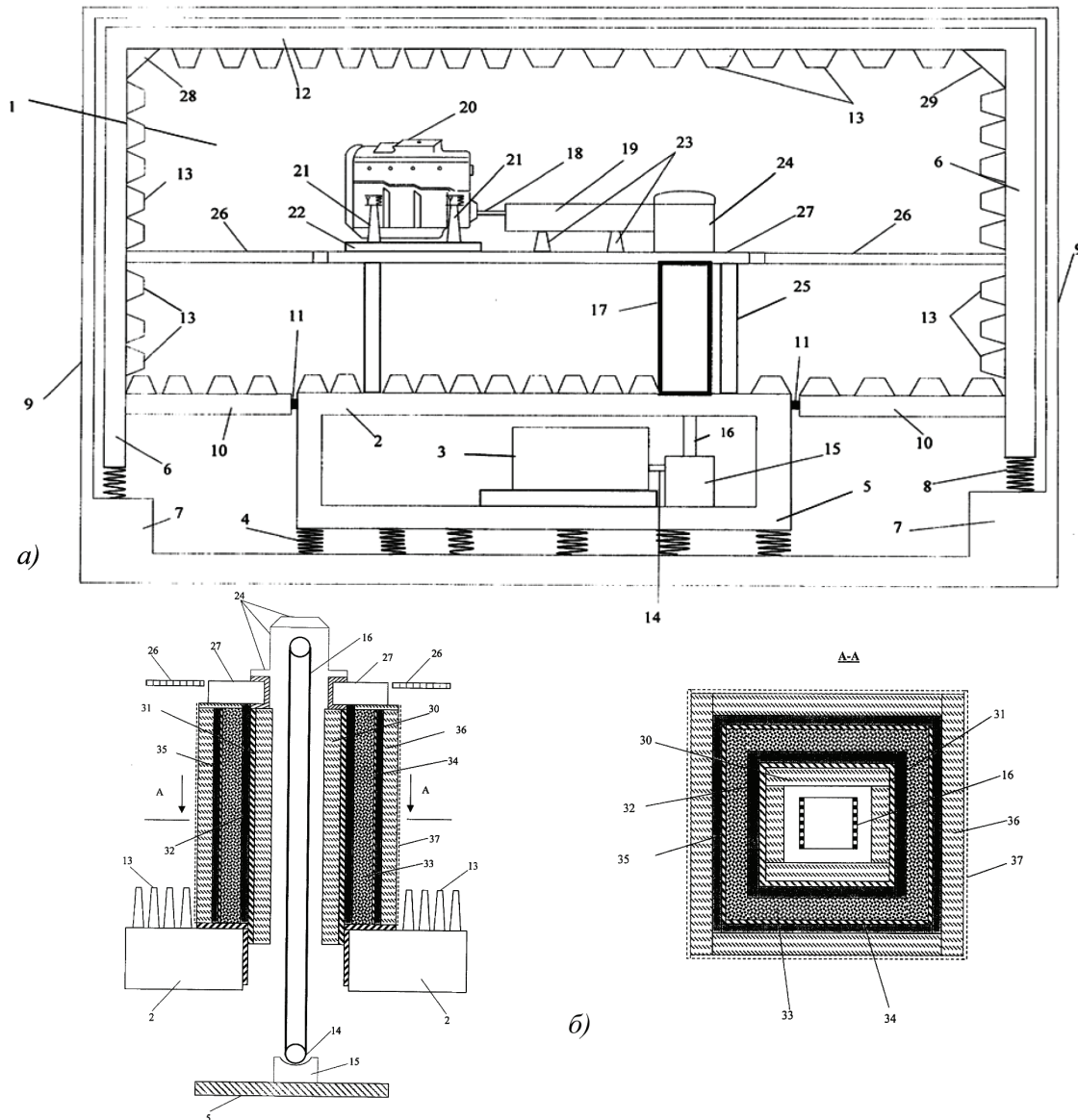


Рис. 11.48. Схема низкошумного акустического моторного стенда, установленного в пространстве безэховой акустической камеры (а), и фрагментов его конструкции (б): 1 – пространство безэховой акустической камеры; 2, 10 – поверхность пола; 3 – приводная балансирная асинхронная машина; 4, 8 – **виброизолирующие пружины**; 5 – автономный фундамент; 6 – внутренняя бетонная оболочка; 7 – периметрические зоны пола; 9 – внешняя бетонная оболочка; 11 – **резиновые уплотнители**; 12 – поверхность потолка; 13 – **звукопоглощающие кулисы**; 14 – нижний вал; 15 – корпус нижнего опорного подшипникового узла; 16 – приводной ремень; 17, 19 – защитный кожух; 18 – верхний вал; 20 – ДВС; 21 – вертикальные стойки системы крепления; 22 – продольные балки системы крепления; 23 – стойки защитного кожуха 19; 24 – корпус верхнего опорного подшипникового узла; 25 – несущий силовой каркас; 26 – **звукопрозрачные решетки**; 27 – несущая рама силового каркаса; 28 – приточная вентиляция; 29 – вытяжная вентиляция; 30 – **внутренний слой пористого звукопоглощающего материала**; 31 – внутренняя металлическая оболочка кожуха; 32, 35 – **слой вязкоэластичного вибродемпфирующего материала**; 33 – сыпучее виброшумодемпфирующее вещество; 34 – внешняя металлическая оболочка кожуха; 36 – **внешний слой пористого звукопоглощающего материала**; 37 – **защитный звукопрозрачный газонепроницаемый слой пленки или нетканого материала**

Патент РФ на полезную модель RU 40794
«Устройство для оценки уровня корпусного шума,
излучаемого элементами системы выпуска
отработавших газов двигателей колесных
транспортных средств»

Авторы: Фесина М.И., Дерябин И.В.,
Люкшин Ю.И.

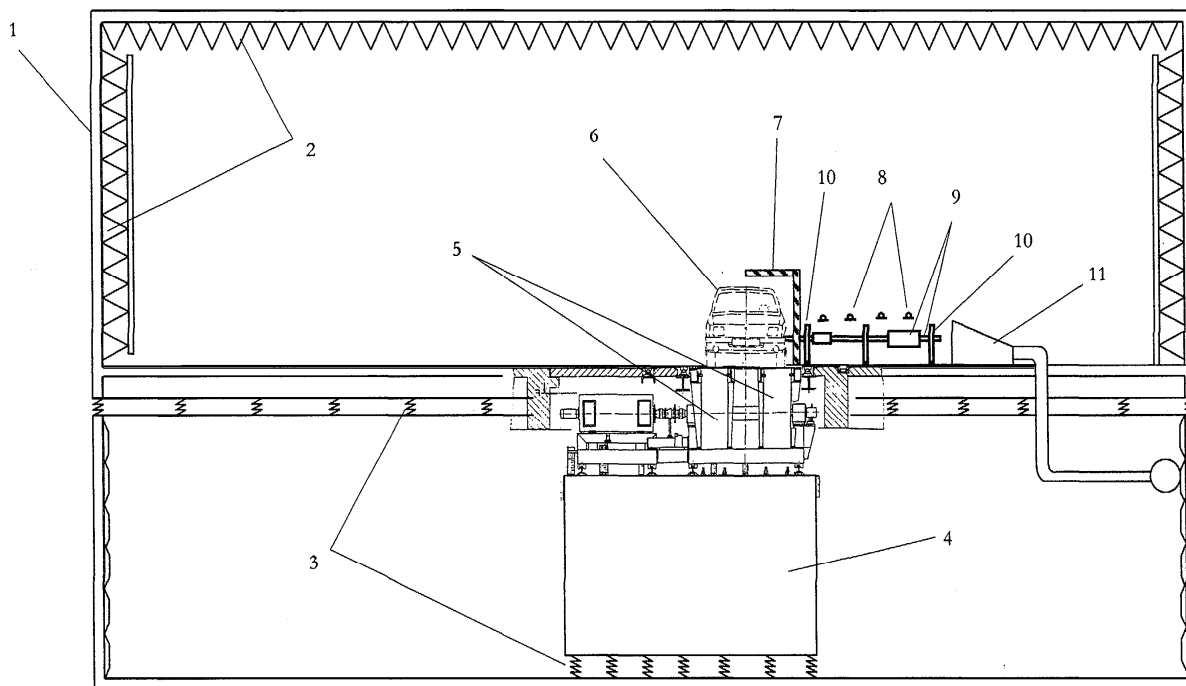


Рис. 11.49. Схема устройства для оценки уровня корпусного шума, излучаемого элементами системы выпуска отработавших газов двигателей колесных транспортных средств, установленного в пространстве полубезэховой акустической камеры:

- 1 – полубезэховая акустическая камера; 2 – звукопоглощающие кулисы;
- 3 – виброизолирующие пружины; 4 – фундамент динамометрического стенда с беговыми барабанами; 5 – беговые барабаны; 6 – исследуемый образец автомобиля;
- 7 – шумоизоляционный экран; 8 – измерительные микрофоны

Патент РФ на полезную модель RU 40795

«Стенд для акустических испытаний малогабаритных механизмов и систем, содержащих приводной электродвигатель»

Авторы: Фесина М.И., Дерябин И.В.

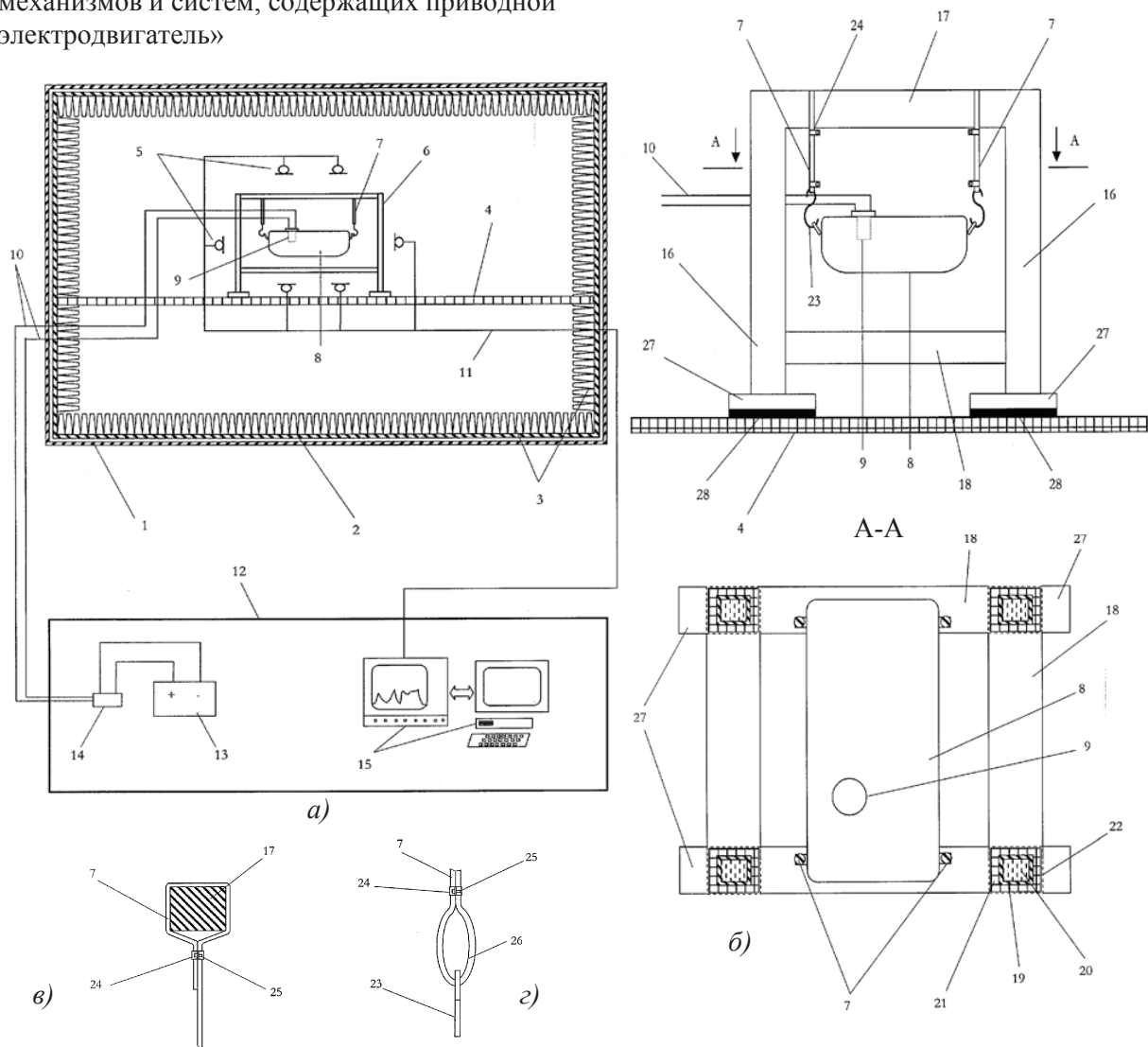


Рис. 11.50. Схемы безэховой акустической камеры с установленным в ее пространстве стендом для акустических испытаний малогабаритных механизмов и систем, содержащих приводной электродвигатель (а), конструкции стенда (б), крепления упругих эластичных элементов к поперечной балке несущего каркаса стенда (в) и соединения подвесного крючка с упругими эластичными элементами:

- 1 – внешняя бетонная оболочка безэховой камеры; 2 – внутренняя бетонная оболочка безэховой камеры; 3 – звукопоглощающие кулисы; 4 – звукопрозрачный пол; 5 – измерительные микрофоны; 6 – пространственный несущий каркас стенда; 7 – упругий эластичный элемент;
- 8 – топливный бак; 9 – модуль электробензонасоса; 10 – кабель питания модуля электробензонасоса; 11 – микрофонный кабель; 12 – пультовое помещение; 13 – источник питания постоянного тока; 14 – устройство регулирования напряжения питания;
- 15 – регистрирующая и анализирующая аппаратура; 16 – вертикальные стойки;
- 17, 18 – верхние и нижние поперечные балки; 19 – металлический трубчатый профиль;
- 20 – виброшумодемпфирующее вещество; 21 – слой пористого звукопоглощающего материала; 22 – защитный звукопрозрачный газонепроницаемый слой;**
- 23 – подвесные крючки; 24 – хомут; 25 – стягивающий винт; 26 – петля резинового жгута 7;
- 27 – основание несущих вертикальных стоек; 28 – упругая виброизолирующая подложка

«Автономное опорно-крепёжное стендовое устройство исключения штатных механических опорных связей виброшумоактивного навесного агрегата транспортного средства»

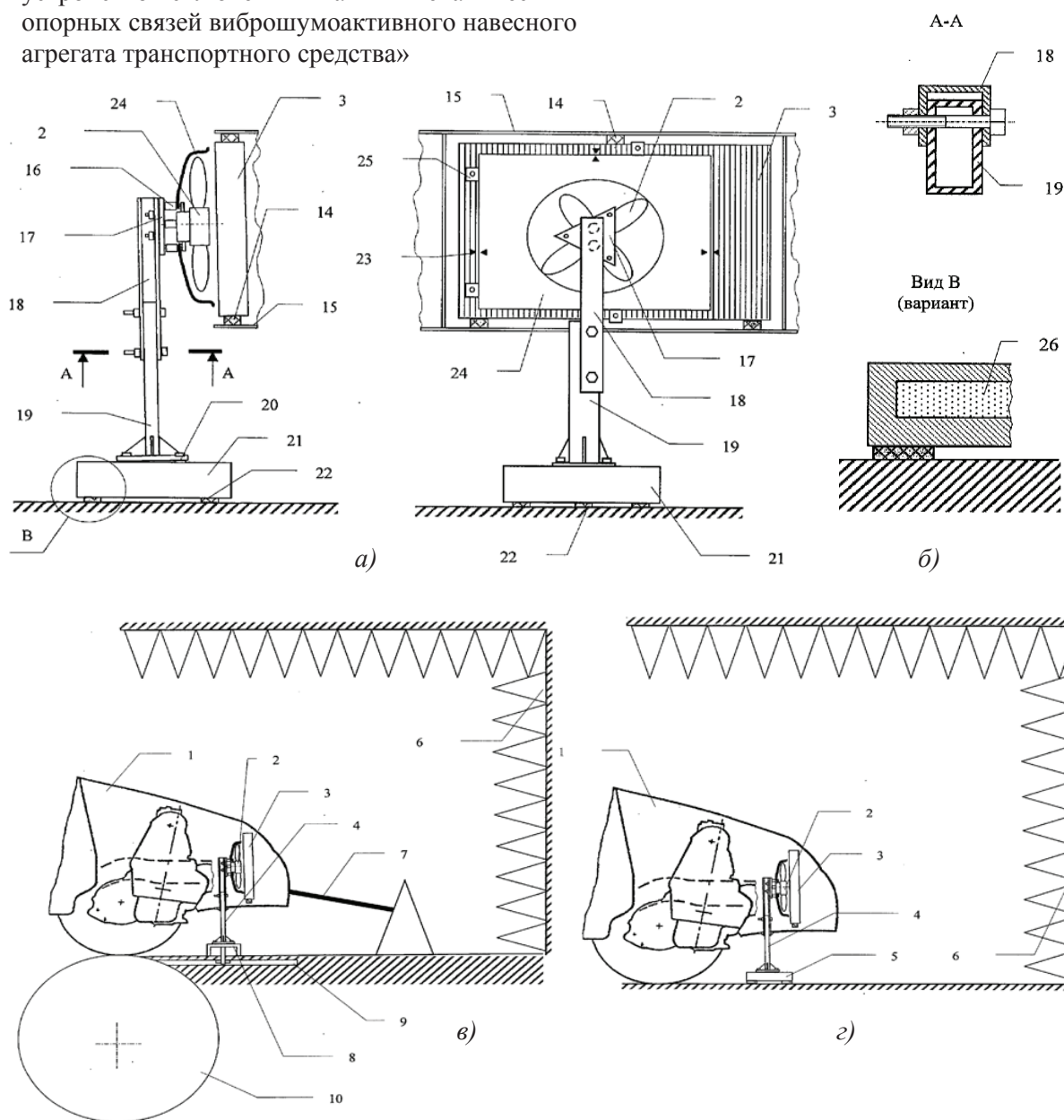


Рис. 11.51. Схемы конструкции устройства исключения штатных механических опорных связей (а, б) и моторного отсека легкового автомобиля с указанным устройством, установленного в пространстве полубезэховой акустической камеры (в, г):
 1 – исследуемый объект (автомобиль); 2 – модуль электровентилятора системы охлаждения двигателя; 3 – радиатор системы охлаждения двигателя; 4 – устройство исключения штатных механических опорных связей; 5 – установочное основание; 6 – полубезэховая акустическая камера; 7 – удерживающий трос; 8 – монтажная поперечина; 9 – установочные проемы беговых барабанов стенда; 10 – беговые барабаны стенда; 14 – опоры подвески радиатора; 15 – кузов исследуемого автомобиля; 16 – дистанционные гайки; 17 – промежуточная монтажная плита; 18 – монтажно-регулируемый стержень; 19 – стойка; 20 – шайбы регулировочные; 21 – основание стойки; 22 – виброизолирующие опоры основания; 23 – контрольные метки; 24 – кожух электровентилятора; 25 – крепёжные кронштейны; 26 – сыпучее виброшумодемпфирующее вещество

12. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ПРОМЫШЛЕННАЯ АКУСТИКА»

1. Какие имеются принципиальные различия между физическими процессами распространения звуковой энергии плоской и сферической волнами, а также между свободно бегущей и стоячей волнами?
2. В чем суть технических требований и каковы пути практического использования вторичной утилизационной переработки шумопоглощающих деталей и узлов, демонтированных с автотранспортных средств (АТС), завершивших свой жизненный цикл?
3. Какими физическими параметрами звуковой энергии формируется показатель «громкость звука»?
4. В чем состоит отличие физического параметра «звуковое давление» от «гидродинамического давления», а также в чем суть различий параметров «ближнее гидродинамическое поле» и «дальнее звуковое поле»?
5. В чем заключается отличие терминов «уровень звукового давления» и «уровень звука» (уровень шума)?
6. Какие процессы распространения звуковых волн сопровождают механизм их «дифракции» на жестком и пористом препятствиях?
7. Охарактеризовать классический излучатель «акустический диполь» и указать, какие характерные излучатели звуковых волн в АТС могут быть аппроксимированы излучателями дипольного типа.
8. Какими физическими параметрами излучателя звука и среды распространения определяется «длина звуковой волны»?
9. Характеристики «диффузного звукового поля», указать их отличия от характеристик «свободного звукового поля».
10. Дать определение динамической жесткости конструктивного элемента или упругой среды и указать ее отличие от статической жесткости.
11. В чем состоит отличие степени (темпа) затухания (ослабления) звука, происходящего в соответствии с «законом обратных квадратов» при распространении сферической звуковой волны, излучаемой пульсирующей сферой (акустическим монополюсом), от энергетического затухания цилиндрической звуковой волны, излучаемой линейным источником, в условиях их распространения в неограниченном пространстве?
12. В чем заключается эффект ослабления передачи звуковой энергии согласно «закону массы» для заградительных перегородок, помещенных в пространство распространения звуковых волн (находящихся в звуковом поле)?
13. Перечислить физические параметры среды распространения звуковых волн, которые влияют на скорость звука.
14. Описать механизмы генерирования и распространения упругих структурных волн (изгибных, сдвиговых, сжатия-растяжения) при функционировании виброшумоактивных узлов и механизмов машин.
15. Перечислить типичные излучатели звука шумоактивных технических объектов, которые могут быть аппроксимированы акустическими диполями, дать определение акустического диполя. Охарактеризовать вертикальные и горизонтальные акустические диполи и их «поведение» вблизи «жесткой» и «мягкой» стенок.
16. Раскрыть принцип работы различных типов динамических гасителей колебаний для вариантов механических и газодинамических систем.
17. Дать определение и раскрыть физический смысл параметра «критическая частота» звуковых колебаний.

18. Описать критерии и перечислить разнообразие (типы) конструкционных материалов, относящихся к категории «акустические материалы».
19. Классификация типов вибродемпфирующих материалов, их отличительные признаки и особенности эффективного применения.
20. Указать технологические приемы и разновидности адгезионных скреплений поверхностей плосколистных виброшумодемпфирующих ламинатных покрытий с сопрягаемыми поверхностями виброшумоактивных деталей и механизмов машин.
21. Какие технические характеристики акустических материалов преимущественно формируют свойства многофункциональности деталей и узлов машин?
22. Перечислить негативные и позитивные свойства эффекта «маскировка звука», учитываемые (используемые) при разработках конструкций комфортно-безопасных механизмов и машин.
23. Раскрыть технологическую процедуру использования оценочного параметра «индекс артикуляции» для квалификации достигаемого акустического комфорта в кбинах водителей (пассажирских помещениях) АТС с помощью объективных инструментальных (измерительных) средств.
24. Указать на различия используемых технических параметров, характеризующих акустические материалы: «коэффициент потерь», «коэффициент внутренних потерь», «коэффициент потерь композитный», «коэффициент потерь приведенный».
25. Какими техническими параметрами определяется динамическая жесткость механической конструкции?
26. Что представляет собой технический параметр «коэффициент перфорации» и каким образом он учитывается в процессах проектирования рациональных шумозаглушающих конструкций узлов и систем механизмов и машин?
27. Привести примеры когерентных и некогерентных колебаний, функционирующих в типичных виброшумогенерирующих технических объектах.
28. Шумоизолирующие кожухи: принципы конструирования, технические требования, достигаемые эффекты.
29. Дать определение термина «фаза колебаний» (механических колебаний, звуковых колебаний).
30. Дать определение термина «фактор направленности» звукового излучения.
31. Передаточная функция и ее разновидности: функция общей передачи, функция передаточная «сила-вибрация», функция передаточная «сила-шум», функция передаточная обобщенная.
32. Дать определения частоты, фазы и формы колебаний, волнового числа и волнового фронта.
33. Охарактеризовать виды шумовых сигналов – «случайный шум», «белый шум», «розовый шум», «широко- и узкополосный шум», «внутренний и внешний шум АТС».
34. Указать на разнообразие назначений армирующего слоя в структурных составах различного типа многослойных акустических материалов (вибродемпфирующих, звукопоглощающих, звукоизолирующих).
35. Охарактеризовать «вязкотекучее» и «стеклообразное» состояния вязкоэластичного слоя вибродемпфирующего материала во взаимосвязи с оценочными параметрами «коэффициент потерь», «температура стеклования» и «температура размягчения».
36. Дать определение технического параметра «сопротивление излучения источника звука» и указать на его взаимосвязь с излучаемой источником акустической мощностью.
37. Указать на различия свойств, физических и структурных параметров «изотропной» и «анизотропной» упругих сред.

38. Устройство, назначение и принцип действия лабораторно-стендовой акустической установки «Оберст».
39. Устройство, назначение и принцип действия лабораторно-стендовой акустической установки «Плита SAE».
40. Устройство, назначение и принцип действия лабораторно-стендовой акустической установки «RTC-III».
41. Дать определение технических терминов «акустическая проводимость» и «удельная акустическая проводимость» и указать на их связь с техническими терминами «акустический импеданс» и «акустическое сопротивление».
42. Что представляют собой физические параметры – колебательная (акустическая) пучность и узел (собственная колебательная мода)?
43. В чем суть явления «акустическая релаксация» и какими энергетическими процессами оно сопровождается?
44. Какими физическими явлениями характеризуется состояние колебательного акустического процесса «резонанс совпадений» и какие известны используемые технические приемы воздействия (управления) указанным динамическим процессом?
45. Фазовые соотношения параметров колебательного давления и колебательной скорости в упругой однородной изотропной среде для ближнего гидродинамического поля и свободного (дальнего) звукового поля.
46. Динамическая податливость упругой (механической, гидродинамической) системы, среды, материала, конструкции.
47. Механизмы и разновидности диссипативных потерь энергии при распространении звуковых волн в пористых структурах материалов конструкций машин.
48. Дать определения физических параметров «мода колебаний», «низшая собственная мода», «нормальная, полная и объединенная колебательная моды», «модальная масса», «модальная частота», «модальное демпфирование».
49. Базовые основы и целевые технические задачи, решаемые модальным анализом динамических систем (акустических, механических, газодинамических).
50. Дать определения физических параметров материалов «модуль потерь», «модуль упругости», «модуль сдвига».
51. Представить примеры технических описаний многофункциональных обивок кузова АТС, наделенных выраженными акустическими свойствами.
52. Дать определения терминов «октава», «третьоктавная полоса частот», «среднегеометрическое значение частоты колебаний в октавной полосе частот».
53. Раскрыть физический смысл и охарактеризовать технологическую процедуру реализации экспериментального способа определения технического параметра «демпфирование» образца конструкционного материала.
54. С какой целью введены понятия «приведенных» параметров физических характеристик акустических материалов?
55. Привести типичные примеры целенаправленного использования перфорированных элементов деталей, систем и механизмов машин для улучшения их виброакустических качеств.
56. Международные стандарты (правила ЕЭК ООН, ИСО), регламентирующие акустические характеристики узлов, агрегатов и систем автотранспортных средств.
57. Перечислить не менее пяти основных направлений повышения виброшумодемпфирующих свойств материалов и эффективных разработок шумопоглощающих элементов конструкций деталей, механизмов и систем машин.
58. Проанализировать роль перфорированных элементов, содержащихся в слоёных виброшумодемпфирующих структурах материалов и конструкций виброшумоактивных машин и механизмов.

59. Перечислить основные пути сокращения расходования виброшумодемпфирующего вещества в составе плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок, смонтированных на тонкостенных виброшумоактивных поверхностях деталей и узлов шумогенерирующих технических объектов.

60. Перечислить основные технические приемы ослабления динамического (вибрационного) возбуждения и последующего переизлучения структурного шума несущими корпусными оболочками защитных кожухов систем и агрегатов машин шумогенерирующих технических объектов.

13. ПРИМЕРЫ ОТВЕТОВ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Проанализировать эффективность использования (замены) армирующего слоя вместо применяемой металлической (алюминиевой) фольги – различного типа тканей, бумаги, сеток в составе плосколистовых армированных битуминированных виброшумодемпфирующих материалов.

С точки зрения влияния (сохранения) параметров виброшумодемпфирования, обеспечиваемых используемыми типичными металлическими фольгированными виброшумодемпфирующими материалами, целесообразность такой замены невелика, если только не используются, например, какие-то феноменальные по своим физико-механическим характеристикам тканевые или бумажные армирующие слои. Если при этом будут выдерживаться соотношения между значениями модулей Юнга жёсткого вязкоэластичного битуминированного слоя ($E \leq 0,5 \cdot 10^9$ н/м² при $t^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$) и армирующего алюминизированного слоя ($E \geq 60 \cdot 10^9$ при 20°C), то у такого типа образуемых слоистых виброшумодемпфирующих структур будет в аналогичной мере реализовываться демпфирующий сдвиговый механизм деформаций вязкоэластичного слоя. В этом случае его можно рассматривать в качестве альтернативной замены. При этом лимитирующими параметрами, по-видимому, будут выступать стоимостные факторы. Применяемые в виброшумодемпфирующих структурах указанные виды материалов (ткани, бумаги) выполняют исключительно технологические армирующие или формообразующие функции (для неплоских формованных прокладок). Сетчатые виброшумодемпфирующие конструкции (материал, диаметр и размеры ячеек), реализующие эффекты сухого кулонового демпфирования в контактных сопрягаемых зонах сетчатых ячеек, в настоящее время не нашли распространения по очевидным причинам технического и стоимостного характера, не удовлетворяющим автомобильную промышленность.

2. Какое влияние на изменение коэффициента потерь плосколистовых виброшумодемпфирующих битуминированных прокладок оказывает замена термостойких волокнистых наполнителей порошкообразными?

Влияние на коэффициент потерь различных параметров виброшумодемпфирующих битуминированных материалов может быть определено экспериментальными исследованиями на лабораторно-стендовой установке «Оберст» путём последовательного перебора исследуемых опытных образцов материалов, отличающихся фракционным и химическим составом, физико-механическими характеристиками составных компонентов смесей, коэффициентами потерь, модулями Юнга, толщинами, плотностями и т. п. Очевидно, что с этой целью должны использоваться базовые компоненты материалов и технологические особенности изготовления материалов, присущие производству (конкретной технологической базе производителя). В связи с этим могут быть изготовлены, по крайней мере, две группы опытных образцов виброшумодемпфирующих материалов (как однослойных вязкоэластичных, так и двухслойных армированных), отличающихся перечисленными выше параметрами, при использовании в них как волокнистых, так и порошкообразных наполнителей различной дозировки, объёмного распределения и т. п. Контроль показателей значений модуля Юнга и коэффициента потерь необходимо оценивать в регламентируемом техническими условиями рабочем диапазоне температур, например, $0^\circ \dots +80^\circ\text{C}$. В зависимости от используемых конкретных типов волокнистых или порошкообразных наполнителей, их концентраций и объёмного распределения будут получены соответствующие результаты исследований, которые представят объективный ответ на поставленный вопрос. В то же время при такой общей постановке вопроса (задачи) возможно получение взаимоисключающих ответов

с противоположными результатами, так как существуют как эффективные, так и неэффективные типы и сочетания волокнистых и порошкообразных наполнителей в составе тех или иных отличающихся между собой структур и технологий получения битуминированных виброшумодемпфирующих материалов.

3. Каким образом влияет на коэффициент потерь наличие на плосколистовых виброшумодемпфирующих битуминированных прокладках тиснений, липкого клеевого монтажного слоя или их геометрическая форма? Возможно каким-либо механическим путём улучшить их коэффициент потерь?

В автомобильной промышленности используется, как правило, прямоугольная форма плосколистовых битуминированных виброшумодемпфирующих прокладок, отличающаяся технологическими преимуществами изготовления, минимизацией отходов, компактностью упаковки и транспортировки готовых изделий и т. п. Другие геометрические формы прокладок практически не используются.

Рельефные тиснения на поверхностной структуре вязкоэластичного слоя выполняются прежде всего в технологических целях (обеспечивают улучшение пластичности при монтаже, уменьшение «залипания» при транспортировке, реализуют возможность самопроизвольного удаления (стекания) по тисненым канавкам моющих жидкостей и красящих веществ, исключают образование газовых пузырей в процессах технологической сушки после окраски кузова). Тиснения ромбической формы в структуре армирующего (фольгированного) слоя плосколистовых виброшумодемпфирующих прокладок (наиболее распространенная геометрическая форма в промышленно производимых виброшумодемпфирующих прокладках) не оказывают существенного влияния на его жесткостные характеристики и последующий характер перераспределения и интенсивность протекания как сдвиговых деформаций, так и деформаций растяжения-сжатия вязкоэластичного (битуминированного) слоя. В связи с этим данное тиснение не оказывает какого-либо существенного влияния на величину композитного коэффициента потерь такого типа материалов.

Влияние липкого клеевого слоя на изменение композитного коэффициента потерь конкретного типа и марки плосколистового виброшумодемпфирующего материала, закрепленного на несущей металлической пластине, возможно определить на лабораторно-стендовой установке «Оберст». С этой целью отбирается гамма различных однотипных (одной марки) виброшумодемпфирующих материалов (отличающихся коэффициентом внутренних потерь), которые впоследствии монтируются на поверхности стандартной несущей пластины – лабораторно-стендовой установки «Оберст» путём приплавления, использования термоактивного слоя (вещества) и липкого клеевого слоя (при применении различных марок клеевых веществ с отличающимися адгезионными характеристиками). По-видимому, следовало бы использовать несколько различных марок термоактивных и липких клеевых веществ, чтобы оценить их влияние на изменение виброшумодемпфирующих свойств образцов во всём рабочем температурном диапазоне, регламентируемом ТУ. Очевидно, что отличающиеся адгезионные характеристики различных марок исследуемых веществ будут обуславливать и их различное влияние на изменение коэффициента потерь как по абсолютным значениям, так и по характеру его изменения в зависимости от температурного состояния.

Потенциальные возможности повышения коэффициента потерь жесткого типа плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов механическим путём скрываются в первую очередь в усилении механизма сдвиговых динамических деформаций вязкоэластичного слоя путём его внешнего армирования или пространственного удаления от нейтральной плоскости сечения в составе слоистой композитной структуры (демпфируемая панель – вибродемпфирующий слой), использованием плосколистовых

виброшумодемпфирующих материалов с отнесённым слоем. Повышение величин коэффициента потерь при расширении эффективного рабочего (эксплуатационного) температурного диапазона демпфирования возможно также достигать в результате сквозного рационального перфорирования его вязкоэластичного слоя, соответствующего дробления вязкоэластичного слоя на узкополосные фрагменты при жестком заземлении концевой участка армирующего слоя, использования армирующего слоя в качестве несущей основы композиционного набора и мозаичного монтажа чередующихся в шахматном порядке малогабаритных образцов виброшумодемпфирующих материалов, отличающихся температурными диапазонами эффективного виброшумодемпфирования.

14. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ (ВЫПОЛНЕННЫХ НА УРОВНЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ПОЛЕЗНЫХ МОДЕЛЕЙ), ПРЕДУСМАТРИВАЮЩИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УМЕНЬШЕНИЕ ШУМОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

1. Шумопоглощающие элементы кузова (детали пассажирского помещения, багажного отделения): RU 40775, RU 4946, RU 1830834, RU 2081010, RU 2097226, RU 2098289, RU 2098290, RU 2149788, RU 2301170, RU 2301171, RU 2302964, RU 2302965, RU 2302966, RU 2302967, RU 2304063, RU 2149114, RU 2151708, US 4817968, DE 2353417, US 4029324, US 3971564, DE 3841187, DE 2116004, US 2174504, FR 2674200, DE 4115475, US 2620208, SU 412421, WO 2009/114349, EP 0801916, RU 2008/101386, EP 0990560, DE 10119410, JP 2007168699, JP 2007216863, DE 102007036046, WO 2009/131855, US 2007/0114816, US 2009/0274861, GB 2455740, US 2009/0039667, EP 2116702, FR 2930919, US 2007/0261914, WO 2008/096050, WO 2008/071792, DE 102007013494, FR 2910685, FR 2128425, WO 2009/142906, FR 2929746, US 2009/0298374, DE 202009011255, EP 1955899, US 2009301811.

2. Виброшумодемпфирующие материалы, применяемые в качестве прокладок панелей кузова АТС: WO 2006/077757, WO 2004/111487, WO 2006/077757, WO 01/54897, EP 1323523, EP 0673763, EP 0285740, EP 1323523, EP 0673763, EP 0337282, EP 1205905, EP 0335642, EP 1323523, EP 0673763, EP 0285740, EP 1323523, EP 0673763, EP 0337282, EP 1205905, EP 0335642, RU 2110852, RU 2148497, RU 2188214, RU 2155283, SU 1162838, SU 579475, US 2003132057, US 6420447, US 5756555, US 3817356, US 4023651, US 4749434, US 4308308, US 4678828, US 4742107, US 4810746, US 2006/0173103, FR 2396648, FR 2443290, DE 4013318, DE 3427916, DE 3825494, DE 1192839, DE 102005059253, DE 1475062, DE 1522974, DE 3034848, DE 20021738, DE 1301662, DE 2012037, DE 3704506, GB 1369285, WO 2006/077757, US 5509247, RU 2351995, RU 2333545, RU 2189326, US 4678707, JP 62-177031, DE 3704506, US 4678828, JP 2-18221, EP 0235087, US 4742107, US 4810746, JP 62-190210, EP 0335642, EP 0290035, JP 63-29890, JP 61-183315, JP 61-235416, US 4742107, JP 62-96543, JP 56-167052, RU 2110852, RU 2188214, RU 2166573, RU 2148497, US 4678707, DE 1192839, DE 1027896, WO 93/05091, JP 1203456, JP 4189642, JP 4266643, US 6040350, GB 2358378, RU 2188214, DE 20021738, JP 6293098, GB 1482890, RU 61184, EP 1205905, EP 1323523, RU 2189326, WO 92/22053, JP 2005145130, RU 753700, US 4734323, JP 3-75370, JP 1226479, DE 19956152, JP 62004656, JP 4091937, GB 2364019, US 5400296, JP 62-187634, DE 2607603, US 4292832, WO 2006/077757, JP 4-49947, RU 2189326, RU 2000129547, RU 78730, DE 602004002062, US 2003/0132057, RU 2189326, RU 2091256, RU 2185765, WO 98/01295, RU 2110852, US 5994422, RU 2159185, RU 1483006, ПП № 2007116488.28 от 05.08.2008 г.

3. Перфорированные структуры акустических материалов: WO 2006/106854, WO 2005/073956, WO 2007/017317, WO 99/44851, WO 99/46147, WO 00/46493, WO 99/34974, EP 1854708, EP 1735206, EP 1493623, EP 1477302, EP 0447090, EP 1637402, EP 1504985, RU 61240, RU 61353, RU 2042547, RU 2297916, US 2006/0159883, US 2007/0137926, US 2007/0020447, US 2003/0104749, US 2003/0132057, US 3821999, US 5175042, US 4097633, US 4409275, US 4489119, US 2003/207086, US 2007/0063543, US 6820720, US 4347912, US 4830140, US 5554830, US 6491999, JP 58101027, JP 62053222, JP 8314469, JP 8133134, JP 2006199276, JP 57170732, JP 61246041, JP 2007-102028, JP 2007-106304, JP 2006-232110, JP 62165043, JP 11240092, JP 9242561, JP 2-258331, JP 6305374, JP 1168429, JP 58199243,

JP 11104898, JP 9258740, JP 2000062550, JP 2001047545, JP 62053222, JP 8314469, JP 8133134, JP 2006199276, JP 2007102028, JP 2007106304, JP 62165043, JP 11240092, JP 9242561, JP 2258331, JP 6305374, JP 1168429, JP 58199243, JP 11104898, JP 2000062550, JP 2001047545, DE 10143002, DE 4332856, DE 102004062331, DE 102004037767, DE 2604692, DE 102005038184, DE 3301682, DE 102005035751, DE 10314552, GB 2363364, GB 2416737, GB 2334475, EP 1146178, SE 207484, WO 2005/030532, WO 0056540, WO 00/61888, WO 2005/073956, US 2009/0047500, US 6615915, US 2003/0207086, US 4113053, US 2004/0058131, US 2007/0137926, US 2007/0020447, US 2455926, JP 2001122052, JP 2002175083, JP 2003226264, JP 2006199276, JP 58101027, FR 1444097, DE 102007036401, AT 359196, DE 2441164, DE 3339701, FR 2921191.

4. Устройства виброизоляции, вибродемпферы, эластичные муфты, динамические гасители колебаний, виброизоляционные элементы подвески силового агрегата АТС: WO 2005/057000, EP 1916398, RU 2006140978, RU 2126899, RU 2117175, RU 2115834, RU 2115813, RU 2115007, RU 2115006, RU 2115005, RU 2062338, RU 1795199, RU 1346832, RU 2129218, RU 2129216, RU 2118683, RU 2131986, RU 2131524, RU 2126899, RU 2219399, RU 2144620, RU 2145385, RU 2148724, RU 2149272, RU 2172845, RU 2170362, RU 2173393, RU 2129216, RU 2144620, US 4607601, US 4750455, JP 63-5620, DE 4321633, DE 3216318, FR 2349735, FR 2211046, GB 2100800, FR 2920039, FR 2870816, WO 2007/085747, WO 2008/048625, RU 912976, RU 697761, RU 386178, EP 1283092, EP 2072801, EP 0881407, DE 19848799, DE 3306233, DE 4331011, US 5452623, JP 4238025, GB 2449562, KR 100762295, RU 2005136482, RU 2244039, RU 2255830, SU 594643, SU 642905, SU 646546, SU 653814, SU 702771, SU 743350, SU 775969, SU 778399, RU 2225954, RU 2239109.

5. Технологическая процедура поиска патентных документов в сети Internet

Процедура поиска патентных документов на сервере Федерального института промышленной собственности по адресу <http://www1.fips.ru/>

Если вам известен интересующий вас номер патентного документа (например, отобранный из приведенного перечня в разделе 14), необходимо выполнить следующие последовательные действия.

1. Выбрать раздел *«Информационные ресурсы»*.

2. В появившейся слева вкладке выбрать пункт *«Открытые реестры»*.

3. В представленных списках доступных баз выбрать необходимый раздел (например, *«Реестр изобретений Российской Федерации»*, *«Реестр полезных моделей Российской Федерации»* и др.).

4. В активном окне *«Параметр»* выбрать параметр, по которому производится поиск (*«дата публикации»*, *«номер регистрации»*, *«индекс МПК»*). В активном окне *«Значение»* ввести значение параметра. Например, если необходимо найти патент на изобретение RU 2327887, то в активном окне *«Параметр»* выбрать *«Номер регистрации»*, а в активном окне *«Значение»* необходимо ввести номер *«2327887»* и кликнуть на кнопку *«показать»*.

5. В появившемся окне можно ознакомиться с искомым патентным документом в среде *«Internet Explorer»*. Кликнув на активную дату публикации патентного документа, можно ознакомиться с его официальной публикацией (полной версией) в формате **pdf*.

Если номер патентного документа вам не известен и вы намерены произвести патентный поиск аналогов технических решений (по отношению к разработанному вами техническому решению), вам необходимо выполнить следующие последовательные действия.

1. Выбрать раздел *«Информационные ресурсы»*.

2. В появившейся слева вкладке выбрать пункт *«Информационно-поисковая система»*.

3. В появившемся меню в активных окнах *«Имя пользователя»* и *«Пароль»* ввести *«guest»* или же ввести свои личные данные (как зарегистрированного пользователя системы). Далее необходимо нажать кнопку *«Войти»*.

4. В появившемся окне выбрать необходимую библиотеку для поиска (например, «*Патентные документы РФ (рус.)*», «*Российские товарные знаки*», «*Российские промышленные образцы*» и др.). В появившемся списке отметить необходимые пункты (например, «*Перспективные российские изобретения и полезные модели*», «*Рефераты российских изобретений*», «*Заявки на российские изобретения*» и др.).

5. Зайти во вкладку «*Поиск*» и задать один или несколько параметров (например, «*Регистрационный номер заявки*», «*Индекс МПК*», «*Автор*», «*Патентный поверенный*», «*Заявитель*», «*Патентообладатель*» и др.). Если в параметрах «*Автор*» и «*Патентный поверенный*» вводятся исключительно фамилии и инициалы авторов или поверенных лиц, то в параметрах «*Заявитель*» и «*Патентообладатель*» также могут вводиться названия организаций и фирм, являющихся заявителями или патентообладателями. Нажать кнопку «*Поиск*».

6. Автоматически произойдет переход в раздел «*Список найденных документов*», где можно ознакомиться с каждым из них в среде «Internet Explorer», кликнув по названию. Кликнув на активную дату публикации патентного документа, можно ознакомиться с его официальной публикацией (полной версией) в формате *.pdf.

7. После завершения работы кликнуть вкладку «*выход*».

В случае возникновения у вас некоторых затруднений при работе по указанным поисковым технологическим процедурам необходимо выбрать раздел «*Информационные ресурсы*», в появившейся вкладке открыть раздел «*Информационно-поисковая система*» и в появившемся списке выбрать пункт «*Инструкции*» для перехода в раздел «*Инструкция по использованию информационно-поисковой системы*».

Процедура поиска патентных документов на сервере esp@cenet по адресу <http://ru.espacenet.com>

1. Если номер документа вам известен, то необходимо перейти в раздел «*Нумерационный поиск*».

2. Выбрать патентную базу. Для поиска во всех доступных базах выбрать пункт «*Worldwide*».

3. Ввести номер патентного документа с двухбуквенным кодом страны, например для Германии – «*DE1171820*». При поиске заявок на изобретения символ «*/*» в номере заявки заменяется цифрой «*0*». Нажать кнопку «*поиск*».

4. В появившемся окне нажать на название найденного документа для перехода к его описанию в среде «Internet Explorer».

5. Найденный документ также можно скачать в формате *.pdf. Для этого нужно выбрать вкладку «*Исходный документ*» и сверху выбрать команду «*Save Full Document*». После этого ввести представленный код в свободное поле появившегося окна и нажать команду «*Submit*».

6. Если номер документа вам не известен, то, используя вкладки «*Быстрый поиск*» или «*Расширенный поиск*», можно произвести его поиск по ключевым словам, именам авторов (заявителей) или наименованиям организаций. При этом необходимо выбрать область поиска «*Ключевые слова в названии изобретения или в реферате*» или «*Частные лица или организации*», ввести поисковые условия (например, ключевые слова, имена авторов или заявителей, наименования организаций) и нажать кнопку «*поиск*».

В случае возникновения затруднений необходимо щелкнуть на ссылку «*Помощь*» в левой части экрана.

Для перевода иностранных документов на русский язык может быть рекомендовано использование комплексов машинного перевода PROMT (ООО «ПРОМТ», Москва), ABBYY Lingvo (ф. АБВУУ, Москва).

Международная патентная классификация (седьмая редакция) – некоторые выдержки из информационных материалов для проведения патентного поиска по различным техническим направлениям

- B32B** 5/18 – слоистые изделия, отличающиеся неоднородностью или физической структурой, в частности особенностью слоя, выполненного из пористых или материалов пенистой или губчатой структуры;
5/20 – со вспениванием на месте применения.
- B60K** 5/12 – опоры для двигателей (в этом классе дополнительно включены конструктивные схемы установок ДВС).
- B60K** 13/02 – устройства и приспособления силовых установок, связанные с подводом воздуха для горения (конструктивные схемы систем впуска ДВС),
13/04 – устройства и приспособления силовых установок, связанные с выпуском отработавших газов (конструктивные схемы систем выпуска отработавших газов ДВС).
- B60R** 13/08 – элементы отделки кузова, в частности элементы изоляции, например, звукоизоляции (звукопоглощающие, звукоизолирующие, вибродемпфирующие детали).
- F01N** 1/00 – глушители шума выпуска отработавших газов (общий класс);
1/02 – с использованием резонанса;
1/04 – звукопоглощающими материалами в резонансных камерах;
1/06 – использованием эффекта интерференции;
1/08 – дросселированием или завихрением потока газов;
1/10 – в комбинации со звукопоглощающими материалами;
1/24 – с применением звукопоглощающих материалов;
7/08 – выхлопные трубы;
7/10 – выхлопные коллекторы;
7/14 – ...с теплоизоляцией.
- F02B** 77/11 – конструктивные части, детали или вспомогательные принадлежности, не отнесённые к другим рубрикам, в частности тепловая или звуковая изоляция (здесь, например, включены защитные экраны масляных поддонов ДВС, верхние шумоизолирующие кожухи ДВС, кожухи привода ГРМ и вспомогательных агрегатов ДВС...);
77/13 – звуковая изоляция.
- F02M** 35/12 – воздухоочистители. Глушители для впускных систем ДВС (здесь рассматриваются акустические резонаторы на впуске, модули впуска ДВС);
35/14 – воздухоочистители, комбинированные с глушителями шума впуска ДВС.
- G10K** 11/16 – способы и устройства для защиты от воздействия акустических волн или для их подавления:
11/162 – ...выбор материала;
11/165 – ...частицы в материале;
11/168 – ...несколько слоёв из различных материалов, например, структуры с акустической прослойкой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 51616-2000. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 19 с.
2. ГОСТ 12.1.026. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью. Технический метод. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 14 с.
3. Краснов, А.В. К вопросу о методе акустических испытаний отопительно-вентиляционных систем транспортных средств / А.В. Краснов // «Туполевские чтения» : сб. докладов междунар. научн. конф. – Казань : Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2006. – Т. 2. – С. 12–13.
4. ГОСТ Р 41.51-2004. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 31 с.
5. DIN ISO 10844-1997. Acoustics – Specifications of test tracks for the purpose of measuring noise emitted by road vehicles. – International Organization for Standardization, 1997. – 14 p.
6. DIN EN ISO 6721-3-1996. Plastics – Determination of dynamic mechanical properties – Part 3: Flexural vibration; resonance-curve. – DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin, 1996. – 10 s.
7. ASTM E 756-04. Standard Test Method for Measuring Vibration-Damping Properties of Materials. – American Society for Testing and Materials International. – West Conshohocken, 2005. – 13 p.
8. SAE J1637. Laboratory measurement of the composite vibration damping properties of materials on a supporting steel bar. – SAE International. – Warrendale, 1993. – 16 p.
9. Фесина, М.И. О рационализации выбора эффективных вибродемпфирующих покрытий панелей кузова легкового автомобиля с учетом их эксплуатационной температурной нагруженности / М.И. Фесина, А.В. Краснов, С.Г. Леонов // Машиностроитель. – 2008. – № 9. – С. 41–45.
10. Ferry, J.D. Viscoelastic Properties of Polymers / J.D. Ferry // New York : John Wiley & Sons, 1961.
11. Nashif, A.D. A New Method for Determining Damping Properties of Viscoelastic Material / A.D. Nashif. – Shock and Vibration Bulletin 3 (1967). – P. 37–47.
12. Oberst, H. Über die Dämpfung der Biegeschwingungen dünner Bleche durch festhaltende Beläge / H. Oberst. – Acustica 2, leaflet 4, AB 191–194, Part 1 (1952), und 4. – S. 433, Part II (1954).
13. Борьба с шумом на производстве : справочник / под ред. Е.А. Юдина. – М. : Машиностроение, 1985. – С. 268, 269.
14. Краснов, А.В. К особенностям применения вибродемпфирующих материалов для снижения шума легковых автомобилей // Безопасность. Технологии. Управление-2005 : сб. трудов междунар. научной конф. – Тольятти : ТГУ, 2005. – С. 323–328.
15. Alts, T. Rational evaluation of damping material parameters / T. Alts // Proceeding Unikeller Conference, 1993. – P. 12/1–12/14.
16. Об условиях и особенностях выбора марок и категорий эффективности вибродемпфирующих материалов для снижения структурного шума панелей кузова легкового автомобиля / А.В. Краснов [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Спецвыпуск «Безопасность. Технологии. Управление». – Самара : Самарский научный центр РАН, 2007. – Т. 2. – С. 204–212.

17. Разработка рациональной конструкции шумовибродемпфирующей панели щитка передка переднеприводного автомобиля ВАЗ / О.В. Данилов [и др.] // Проблемы развития автомобилестроения в России 1996–1997–1998. – Тольятти : ОАО «АВ-ТОВАЗ», 1998. – С. 17–21.
18. Giovanni, T. The acoustic insulation package design process in Fiat Group Automobiles: the application on the new Fiat 500 / T. Giovanni [et al.] // Proceeding Rieter Automotive Conference, 2007. – A14. – P. 1–20.
19. Краснов, А.В. Исследование звукового поля компонентов кузова автомобиля с использованием системы пространственного преобразования звуковых полей STSF на примере щитка передка / А.В. Краснов, Д.А. Иванов // Безопасность. Технологии. Управление-2005 : сб. трудов междунар. научн. конф. – Тольятти : ТГУ, 2005. – С. 329–336.
20. Фесина, М.И. STSF – технология оперативных исследований, локализации и модификационного моделирования источников излучения звуковой энергии в энергетических установках и транспортных средствах / М.И. Фесина, А.В. Краснов, И.В. Дерябин // Проблемы и перспективы развития двигателестроения : сб. тезисов докладов междунар. научно-техн. конф. – Самара : Сам. гос. аэрокосмический ун-т, 2006. – С. 121–122.
21. Краснов, А.В. Технология оперативной локализации источников шума транспортных средств / А.В. Краснов // Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях : сб. докладов научно-практич. конф. – М. : Всероссийский выставочный центр, 2006. – С. 190–192.
22. Никифоров, А.С. Вибропоглощение на судах : монография / А.С. Никифоров. – Л. : Судостроение, 1979. – С. 53–78.
23. Никифоров, А.С. Акустическое проектирование судовых конструкций : монография / А.С. Никифоров. – Л. : Судостроение, 1990. – С. 154–165.
24. Ионов, А.В. Средства снижения вибрации и шума на судах / А.В. Ионов. – СПб. : ЦНИИ им. А.Н. Крылова, 2000. – С. 185–208.
25. Боголепов, И.И. Промышленная звукоизоляция / И.И. Боголепов. – Л. : Судостроение, 1986. – С. 307–309.
26. Колесников, А.Е. Шум и вибрация / А.Е. Колесников. – Л. : Судостроение, 1988. – С. 228–231.
27. Иванов, Н.И. Основы виброакустики: учебник для вузов / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров – СПб. : Политехника, 2000. – С. 316–320.
28. Результаты разработок структурированных типов плосколистовых вибродемпфирующих материалов / А.В. Краснов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12. – №1 (2). – С. 389–394.
29. Экономические аспекты акустической экологизации конструкций автотранспортных средств / А.В. Краснов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12. – № 1 (2). – С. 395–400.
30. Расчетное исследование деформаций вибродемпфирующего покрытия колеблющейся пластины / А.В. Краснов [и др.] // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 1 (24). – С. 40–44.
31. Фесина, М.И. Разработка эффективных слоистых виброшумодемпфированных структур панелей кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова автотранспортного средства / М.И. Фесина, А.В. Краснов, Л.Н. Горина // Вектор науки ТГУ. – 2011. – № 2.
32. Борьба с шумом на производстве : справочник / под ред. Е.А. Юдина. – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.

33. Лагунов, Л.Ф. Борьба с шумом в машиностроении / Л.Ф. Лагунов, Г.Л. Осипов. — М. : Машиностроение, 1980. — 150 с.
34. Снижение шума от энергетического оборудования : учеб. пособие для вузов / В.Б. Тупов. — М. : Изд-во МЭИ, 2005. — 232 с.
35. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учебник / Н.И. Иванов. — М. : Логос, 2010. — 424 с.
36. Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий / под ред. В.И. Заборова. — Киев : Будивэльник, 1989. — 160 с.
37. Фесина, М.И. Автомобильные акустические материалы. Проектирование и исследование низкошумных конструкций автотранспортных средств : монография в 2 ч. / М.И. Фесина [и др.]. — Тольятти : ТГУ, 2010. — Ч. 1 — 304 с., ч. 2 — 352 с.
38. Никифоров, А.С. Акустическое проектирование судовых конструкций : справочник / А.С. Никифоров. — Л. : Судостроение, 1990. — С. 125–151.
39. Фесина, М.И. О некоторых примерах применения сыпучих вибродемпфирующих веществ (СВШДВ) для снижения вибрации и шума стендового испытательного оборудования и колесных транспортных средств / М.И. Фесина, А.В. Краснов // Техника машиностроения. — 2006. — № 8. — С. 50–58.
40. Фесина, М.И. Перфорированные плосколистовые виброшумодемпфирующие покрытия для панелей кузова легкового автомобиля / М.И. Фесина, А.В. Краснов, Л.А. Паньков // Сборник докладов научного семинара, посвященного 70-летию кафедры «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — С. 341–349.
41. Фесина, М.И. Об использовании некоторых приемов структурирования материалов для улучшения виброакустических свойств панелей, обивок и ламинатных прокладок в легковых автомобилях / М.И. Фесина, А.В. Краснов // Известия МГТУ «МАМИ», 2009. — № 1(7). — С. 73–85.

ГЛОССАРИЙ

Акустический термин – термин, относящийся к свойствам (характеристикам), процессам, связанным со звуковой энергией (в данном случае – с шумовой энергией).

АТС – автотранспортное средство (легковой, грузовой автомобили, автобус).

Автомобиль – любое транспортное средство категории *M* или *N*.

Автомобиль легковой – автомобиль, предназначенный для перевозки пассажиров (от 2 до 9, включая водителя) и багажа.

Различают пять классов легковых автомобилей в зависимости от рабочего объема и сухой массы автомобиля:

- 1) особо малый класс – $V_h \leq 1,2$ л, $m < 850$ кг;
- 2) малый класс – $V_h = 1,2...1,8$ л, $m = 850...1150$ кг;
- 3) средний класс – $V_h \leq 1,8...3,5$ л, $m = 1150...1500$ кг;
- 4) большой класс – $V_h \geq 3,5$ л, $m > 1500$ кг;
- 5) высший класс – V_h и m не регламентируются.

Автомобиль, отслуживший свой срок, – это автомобиль, который представляет собой лом, согласно статье 1, пункт *a*, директива 75/442 ЕЭС.

Автомобильный шумопоглощающий комплект – набор шумопоглощающих, шумоизолирующих и вибродемпфирующих деталей (обивок, панелей, прокладок, заглушек, уплотнителей), монтируемых в различных пространственных зонах кузова и входящих в состав отдельных шумоактивных узлов и систем автомобиля.

Адгезия – сцепление разнородных твердых или жидких тел (фаз), соприкасающихся своими поверхностями. Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием, ионной или металлической связью.

Амплитуда – максимальное значение колеблющейся величины.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – зависимость амплитуды вынужденных колебаний (вибрации) системы от частоты подводимого гармонического возбуждения с постоянной амплитудой. Представляет совокупность частот собственных колебаний в фиксированном частотном диапазоне и величин конструкционного затухания, которым обладает конструкция на этих частотах.

Анализатор акустический – прибор для регистрации и последующего анализа звукового спектра.

Анализ статистический – определение статистических характеристик исследуемого объекта по известным закономерностям (законам распределения) для получения на их основе обоснованных выводов.

Армирование – усиление (упрочнение) материала или конструкции детали другим (более жестким и/или прочным) материалом.

Бел – десять децибел (10 дБ). В акустике – не применяется. Единица измерения, названная в честь изобретателя телефона Александра Белла.

Биения – процесс периодических усилений и ослаблений амплитудных значений, вызываемый суперпозицией (взаимодействующих сложением) двух синусоидальных колебаний (тонов) различных, но близких по значениям частот колебаний. Частота следования биений равна разности частот взаимодействующих колебаний.

Битум – общее название природных и получаемых искусственно сложных органических веществ, состоящих из углеводородов, их кислородных, сернистых и азотистых производных. Битумы входят в состав нефти. Растворим в органических растворителях. Твердые битумы черного цвета – плотность около 1000 кг/м³, размягчаются при температуре 25...90°С. Искусственно битумы получают перегонкой из нефтяных осадков. Является базовым составным веществом подавляющего числа автомобильных вибродемпфирующих материалов.

Воздухоочиститель (воздушный фильтр) ДВС АТС – устройство для очистки засасываемого в ДВС воздуха, выполняемое в виде крупногабаритной расширительной камеры, с присоединительными трубопроводными элементами – воздухозаборным патрубком, расположенным до расширительной камеры (в редких случаях – двух параллельно подключенных воздухозаборных патрубков или кольцевого щелевого канала), предназначенным для забора атмосферного воздуха, и воздухоподающим патрубком подачи очищенного воздуха, расположенным после расширительной камеры. Внутри полости расширительной камеры содержится фильтрующий элемент, обеспечивающий очистку засасываемого атмосферного воздуха от твердых и аморфных частиц (пыли, насекомых). Расширительная камера (корпус) воздухоочистителя выполняет также роль глушителя шума впуска.

Волна – колебательное возмущение, распространяющееся в упругой среде с определенной скоростью, таким образом, что в каждой точке среды величина, выбранная в качестве возмущения, является функцией времени, а в каждый момент времени – функцией положения точки. Основное свойство волн, независимо от их природы, состоит в том, что в волнах осуществляется перенос энергии без переноса вещества. Основные виды волн в акустике: плоские, сферические, нормальные, продольные, сдвиговые, изгибные.

Волна плоская – волна, в которой волновые фронты являются плоскостями, перпендикулярными к направлению распространения, частая и наиболее простая (элементарная) форма пространственно-временной зависимости, описывающей волновое поле.

Волна гармоническая – волна, в которой все точки среды совершают гармонические синусоидальные колебания.

Волна сферическая – волна, в которой волновые фронты являются концентрическими шаровыми поверхностями.

Волна свободная бегущая – волна, распространяющаяся в безграничной среде.

Волна нормальная – гармоническая волна, распространяющаяся без изменения своей формы по данному волноводу. Любая гармоническая волна может быть представлена в виде суперпозиции нормальных волн.

Волна стоячая – состояние упругой среды в процессе распространения звуковых волн, при котором расположение максимумов и минимумов упругих перемещений колеблющихся точек среды не меняется во времени. Образуется в результате интерференции двух встречных (противофазно направленных) гармонических колебаний с одинаковыми частотами.

Волна одномерная – волна, в которой все характеристики волн зависят, помимо времени, только от одной координаты.

Волна изгибная – поперечная волна в пластине или стержне.

Волна сдвиговая – волна, распространяющаяся в упругой среде, изменяющая форму элемента среды без изменения объема.

Волна сжатия-растяжения – волна в упругой среде, изменяющая объем элемента среды, не подвергая его поворотам.

Волна бегущая – волна, распространяющаяся в безграничной среде.

Волна упругая – упругое динамическое возбуждение, распространяющееся в твердой, жидкой и газообразных средах.

Волновод – участок среды, заполненной жидкостью или газом, ограниченный в одном или двух направлениях и являющийся элементом передачи волн (стержень или пластина – твердые волноводы).

Волновод акустический – локализованный участок среды, ограниченный одним или двумя направлениями и являющийся направленным элементом передачи звуковых

волн. Звуковые волны в акустическом волноводе распространяются как в виде плоской волны, такой же, как в неограниченных средах, так и в виде нормальной акустической волны.

Волокна полиуретановые, спандекс – синтетические волокна, получаемые формированием из растворов или расплавов некоторых полиуретанов (или методом химического формования, в котором полиуретан образуется из исходных соединений непосредственно при получении волокна). По эластичным свойствам сходны с резиновыми нитями (имеют низкий модуль упругости и высокое относительное удлинение), но превосходят их по прочности и износостойкости.

Волокна полиэфирные – синтетические волокна, получаемые формированием из расплава полиэтилентерефталата (или сополимеров, содержащих в макромолекуле более 85% этилентерефталата – сополиэфирные волокна). Термо-, свето-, атмосферо-, плесне- и износостойки, устойчивы к действию кислот и растворов щелочей средних концентраций. Применяются в производстве тканей, ковров, технического сукна, обивочных материалов, кордных нитей и тканей для шин и резинотехнических изделий для АТС. Торговое название – лавсан, дакрон, терилен, тергаль, теторон, элан.

Время релаксации – длительность установления в структуре материала термодинамического равновесия.

Вибродемпфирование – физический процесс поглощения (рассеивания, преобразования) вибрационной энергии за счет ее необратимого перехода в тепловую энергию.

Виброшумодемпфирующие свойства (*материалов, конструкций, деталей машин*) – способность (физические свойства) внутренних структур материалов и/или конструкций деталей в составе функционирующего виброшумоактивного узла (агрегата, системы, машины) эффективно рассеивать вибрационную энергию при совершении ими механических колебаний с уменьшенными амплитудами путем ее необратимого перехода в тепловую энергию с достижением конечного шумопонижающего эффекта. Реализуют механизм подавления структурной составляющей (вибрационного происхождения) шумоизлучения, производимого твердыми поверхностями колеблющихся стенок деталей узлов, агрегатов и систем машин. В отличие от *вибродемпфирования* конечной целевой задачей *виброшумодемпфирования* является уменьшение шума, производимого техническими объектами.

Вибратор (вибростенд, вибровозбудитель) – устройство, предназначенное для принудительного искусственного возбуждения вибрации элементов конструкции машины (АТС).

Виброперемещение – составляющая перемещения, описывающая вибрацию (м).

Виброскорость – производная виброперемещения по времени (м/с).

Виброускорение – производная виброскорости по времени (м/с²).

Виброакустический комфорт АТС – совокупность положительных психологических и физиологических ощущений человека при эксплуатации АТС под воздействием акустических излучений и вибрационных воздействий в кабине водителя (пассажирском помещении), выраженных минимальным напряжением слухового и опорно-двигательного аппарата, нейрососудистой и нервно-мышечной систем.

Вторичная переработка АТС – комплекс технологических процессов и мероприятий, при которых компоненты, завершившие свой жизненный цикл, в АТС не используются повторно, а проходят промышленную переработку для последующего использования материалов для определенных целей, кроме энергетической утилизации, сжигания, любого другого уничтожения или размещения на свалках.

Гармоника – синусоидальная компонента (чистый тон) сложной периодической волны, частота которой составляет целое кратное число, по отношению к основной частоте волны.

Гармонический анализ — представление любого сложного негармонического колебания в виде суммы гармонических колебаний, образующих так называемый спектр колебаний.

Гигроскопичность — свойства материалов поглощать (сорбировать) влагу из воздуха путем образования химических соединений с водой или капиллярной конденсации.

Громкость — субъективное суждение об интенсивности звука, характеризуемое человеком на основании слуховых ощущений. Зависит от звукового давления и частоты звука.

Глушитель шума автомобильный — подразумевается устройство уменьшения аэродинамического (газодинамического) шума, генерируемого истечением (перемещением) газового потока рабочими процессами ДВС и распространяемого по трубопроводным элементам его системы газообмена (системы впуска и системы выпуска отработавших газов). Глушители аэродинамического шума могут также применяться в газоведах системы вентиляции картера и системы подачи вторичного воздуха в выпускной трубопровод ДВС. В ряде случаев находят также применение глушители аэродинамического шума для вентиляционных установок системы охлаждения ДВС и системы вентиляции и отопления (кондиционирования) пассажирского салона (кабины) АТС.

Давление звуковое — переменная часть давления, возникающая в среде при прохождении звуковой волны.

Давление звуковое эффективное (среднеквадратичное звуковое давление) — среднеквадратичное значение мгновенных звуковых давлений в рассматриваемой точке за интервал времени.

Двигатель — устройство, преобразующее какой-либо вид энергии в механическую работу. Как правило, в процессе преобразования энергии и выполнения двигателем механической работы возникают негативные воздействия на окружающую среду и проблемы безопасности эксплуатации машин, оборудованных двигателями.

Двигатель тепловой — устройство, преобразующее тепловую энергию в механическую работу. Наиболее распространенный вид энергетических установок, загрязняющих окружающую среду токсическими, тепловыми, акустическими выбросами и излучениями.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) — разновидность теплового двигателя, внутри которого происходит сжигание топлива и преобразование части выделяющейся теплоты в механическую работу. ДВС подразделяются:

- на *поршневые* (ПДВС) — тепловые двигатели, в которых весь рабочий процесс осуществляется полностью в цилиндрах;
- *газотурбинные* (ГДВС) — тепловые двигатели, в которых весь рабочий процесс последовательно совершается в воздушном компрессоре, расширительной машине и газовой турбине;
- *ракетные* (РДВС) — тепловые двигатели, в которых расширение продуктов сгорания происходит в реактивной камере.

Термин ДВС, как правило, употребляют применительно к поршневым ДВС.

Декремент затухания — отношение любого последующего максимального отклонения системы от положения равновесия к предыдущему через промежуток времени, равный периоду, характеризующее, во сколько раз уменьшается амплитуда, а следовательно, и быстрота затухания колебаний. Натуральный логарифм этой величины называют логарифмическим декрементом затухания.

Децибел (одна десятая бела), дБ — не физическая величина, а математическое понятие, равное $10 \lg$ отношения двух сопоставляемых физических величин (принятых в акустике — звуковых давлений, интенсивностей, мощностей, колебательных перемещений, колебательных скоростей, колебательных ускорений) к соответствующим нормированным (стандартизированным) величинам их пороговых значений:

интенсивности звука $L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$, где $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²;

звуковой мощности $L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0}$, где $W_0 = 10^{-12}$ Вт;

звукового давления $L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}$, где $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па;

колебательного ускорения $L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}$, где $a_0 = 10^{-6}$ м/с²;

колебательной скорости $L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}$, где $v_0 = 10^{-9}$ м/с.

Демпфирование – затраты энергии колебательной системы или частицы на преодоление трения или сил вязкости с переходом затраченной энергии в тепло.

Дефект – невыполнение заданного или ожидаемого требования, касающегося объекта (АТС), включая требований, относящихся к безопасности и/или экологичности его конструкции (эксплуатации).

Деформация пластическая – остаточная деформация, образовавшаяся в результате воздействия силовых факторов, при которой не наступает макроскопических нарушений сплошности структуры материала.

Диссипация – необратимое преобразование (рассеивание) механической (акустической) энергии в теплоту.

Диполь – точечный излучатель звука, состоящий из двух противофазно включенных ненаправленных сферических излучателей (монополей).

Диоксид азота (NO₂) – продукт, относящийся ко второму классу опасности по ГН 2.1.6.1338 [ГН 2.1.6.1338 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы»].

Диспергирование – тонкое измельчение твердых или жидких тел, один из способов получения дисперсных систем (порошков, суспензий, эмульсий). Применяют при производстве наполнителей полимерных вибродемпфирующих покрытий кузовных панелей АТС.

Динамические гасители колебаний, динамические виброгасители (например, крутильных, изгибных колебаний коленчатого вала ДВС) подразделяются на два типа:

1) *гасители без поглощения колебательной энергии*, генерируемой, например, коленчатым валом ДВС (антивибраторы маятникового типа), работающие на принципе расстройки резонансных колебательных свойств системы. Не нашли распространения в автомобильных ДВС вследствие их узкого частотного диапазона настройки на конкретный скоростной (резонансный) режим работы ДВС, что неприемлемо для автомобильных ДВС, работающих в широком эксплуатационном скоростном диапазоне;

2) *гасители с поглощением колебательной энергии*, генерируемой коленчатым валом ДВС (демпферы), работающие на принципах увеличения неупругих диссипативных потерь (затухания) в резонирующей колебательной (крутильной, изгибной) структуре коленчатого вала. Известны конструкции демпферов, работающих на принципах увеличения диссипации колебательной энергии за счет сухого трения в подвижных контактных зонах демпфера (*гасители сухого трения*). Также известны конструкции демпферов, работающих на принципах увеличения диссипации колебательной энергии резонирующей системы за счет жидкостного трения (*гасители жидкостного трения, гидравлические демпферы колебаний*). Указанные выше типы демпферов коленчатого вала находят весьма ограниченное применение в автомобильных ДВС (по конструктивным и ценовым ограничениям).

Дифракция – явление, связанное с отклонением волн от прямолинейного распространения при взаимодействии с препятствием (находящемся на пути их распространения). Возникновение дифракционного эффекта звукопоглощения обусловлено дополнительным рассеиванием энергии звуковой волны на пористом препятствии с конечным значением входного акустического сопротивления поверхности препятствия (пористой волокнистой или вспененной открытоячейной структуры). Новая рассеянная звуковая волна, образованная дифракционным процессом распространения на краях (гранях) пористого элемента конечных размеров (формирующая краевой эффект), вызывает дополнительный поток звуковой энергии, направленный (распространяющийся) внутрь пористой структуры этого элемента, что приводит к возрастанию суммарного звукопоглощающего эффекта.

Длина изгибающей волны (λ_n) – расстояние (по перпендикуляру) между двумя фронтами волны, различающимися по фазе на один целый период колебаний.

Длина звуковой волны (λ) – отношение скорости звука (c) к частоте колебаний (f).

ЕЭК ООН – Европейская экономическая комиссия при Организации Объединенных Наций, одна из пяти региональных комиссий Организации Объединенных Наций. Она была учреждена в 1947 году Экономическим и социальным советом Организации Объединенных Наций (ЭКОСОС) с целью развития экономической деятельности и укрепления экономических связей внутри региона ЕЭК ООН и между этим регионом и остальным миром.

ЕЭК ООН служит для правительств региональным форумом для разработки конвенций, норм и стандартов с целью гармонизации действий и облегчения обмена мнениями между государствами-членами. Выполняя эту функцию, ЕЭК ООН обеспечивает гарантии безопасности и качества потребителям, *помогает охранять окружающую среду*, упрощает процедуры торговли, а также способствует более тесному единению государств-членов внутри региона и их более полной интеграции в мировую экономику.

Перечень правил ЕЭК ООН, касающихся ограничения шумовых излучений, производимых АТС, и использования акустических материалов в конструкциях АТС в отношении экологических требований и пожаробезопасности:

- **R9** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения трехколесных транспортных средств, в связи с производимым ими шумом»;
- **R21** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении их внутреннего оборудования»;
- **R26** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении их наружных выступов»;
- **R34** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении предотвращения опасности возникновения пожара»;
- **R41** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения мотоциклов в связи с производимым ими шумом»;
- **R51** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом»;
- **R59** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сменных систем глушителя»;
- **R63** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двухколесных мопедов в связи с производимым ими шумом»;
- **R117** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения шин в отношении шума, производимого ими при качении»;

– **R118** «Единообразные предписания, касающиеся характеристик горения материалов, используемых в конструкции внутренних элементов определенных категорий механических транспортных средств»;

– **R122** «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и О в отношении их систем отопления».

Жесткость – способность тела или конструкции детали (узла) сопротивляться образованию деформации. При простых деформациях, в пределах действия закона Гука, жесткость определяется как произведение модуля упругости на ту или иную геометрическую характеристику поперечного сечения элемента (площадь сечения при деформациях растяжения-сжатия и сдвига, осевой момент инерции – при изгибе и т. д.). Оценивается параметрами – коэффициент жесткости и коэффициент упругости.

Жесткость динамическая – отношение амплитуды гармонической вынуждающей силы к комплексной амплитуде перемещения при гармонической вынужденной вибрации линейной системы.

Жесткость статическая – отношение значения приложенной к телу (образцу материала, детали) внешней постоянной по величине силы к величине возникшей упругой деформации (см. определение параметра «жесткость»).

Закон обратных квадратов радиусов – отражает изменение уровней звукового давления сферического (точечного) излучателя, находящегося в безграничной среде, согласно выражению

$$L_p = 20 \lg \frac{r_2}{r_1}, \text{ дБ,}$$

где r_1 и r_2 – соответствующие радиусы поверхности сфер, на которых производится измерение уровней звукового давления ($r_1 > r_2$). Из приведенного соотношения следует, в частности, что при удвоении расстояния (r_2 / r_1) – уровень звукового давления изменяется на 6 дБ.

Затухание (ослабление) звука – уменьшение амплитуды звукового давления или колебательной скорости, а следовательно, интенсивности звуковой волны по мере ее распространения (удаления от источника излучения).

Закон массы – способность тонких (массивных) перегородок ослаблять передачу звуковой энергии на пути ее распространения таким образом, что звукоизоляция перегородки увеличивается на 6 дБ при каждом удвоении массы на единицу площади перегородки.

Звук – колебания и упругие волны в частотном диапазоне 20...20000 Гц (16...22000 Гц), распространяющиеся в твердых, жидких и газообразных средах.

Значение эффективное – в технической акустике чаще интерес представляют не амплитудные значения (P_a и V_a), а эффективные значения звукового давления или колебательной скорости (P_m и V_m), которые для гармонических процессов имеют следующий вид:

$$P_m = \frac{P_a}{\sqrt{2}}, \quad V_m = \frac{V_a}{\sqrt{2}},$$

где P_a и V_a – амплитудные значения звукового давления и колебательной скорости, Па, м/с; P_m и V_m – соответствующие им эффективные значения, Па, м/с.

Зонд акустический – устройство для измерения звукового давления в заданной точке (зоне) звукового поля (как правило, используется в замкнутых ограниченных пространствах).

Изобретение – техническое решение в любой области жизнедеятельности человека, относящееся к продукту (в частности, к устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления

действий над материальным объектом с помощью материальных средств). Изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо. Патент на изобретение действует до истечения двадцати лет с даты подачи (регистрации) заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

Изотропия – независимость характеристик поля от пространственного направления.

Изотропный излучатель – гипотетический абстрактный точечный источник, создающий излучение с постоянной во всех направлениях интенсивностью.

Излучение и распространение волн. Для излучения волны необходимо произвести в среде некоторое динамическое возмущение за счет воздействия внешнего источника энергии. Работа, совершаемая этим источником, за вычетом некоторых потерь, превращается в энергию излучаемых волн. Упругие волны в однородных жидкостях (газах), возникающие в какой-либо малой области (точке) и распространяющиеся без поглощения в окружающем пространстве, подчиняются одному и тому же волновому уравнению.

Импеданс акустический (акустическое сопротивление), Z – комплексное сопротивление, учитываемое при распространении колебаний акустических систем (труб, преобразователей), равное отношению комплексной амплитуды звукового давления к колебательной объемной скорости. Действительная часть акустического импеданса связана с потерями энергии на излучение звука и ее диссипацию в самой акустической системе. Мнимая часть акустического импеданса обусловлена реакцией сил упругости (гибкости) или сил инерции. Единица измерения $\text{Па} \times \text{с/м}$.

Импеданс входной акустический – отношение звукового давления к колебательной скорости на границе полубесконечной среды, откуда падают звуковые волны, с другой средой – куда проникают эти волны.

Импеданс стенки – отношение звукового давления, действующего на стенку (или покрытие стенки), к составляющей скорости, нормальной к плоскости стенки.

Индекс артикуляции – показатель, характеризующий акустические (шумовые) помехи восприятия речи в кабине (пассажи́рском помещении) автомобиля.

Интенсивность звука – поток звуковой энергии, проходящей через единицу площади. Имеет размерность Вт/м^2 и может быть выражена в децибелах относительно некоторого порогового значения (см. термин «децибел»). Для плоской свободной бегущей волны интенсивность равна

$$I = \frac{p^2}{\rho c}, \text{ Вт/м}^2,$$

где p – звуковое давление, Па; ρc – волновое сопротивление среды.

Искажения нелинейные – наличие на выходе испытуемого объекта частотных составляющих, которые отсутствовали в сигнале, поданном на его вход. Эти искажения обусловлены отсутствием прямой пропорциональности между значениями сигналов на входе и выходе в любой момент времени.

Источник излучения точечный – колеблющееся тело малых волновых размеров (малых по отношению к длине излучаемой волны), например, классические излучатели звука типа пульсирующей сферы-монополя или диполя, квадруполя и т. д.

Катколлектор (каталитический коллектор) – один из основных модулей системы выпуска отработавших газов ДВС, объединяющий (интегрирующий) выхлопной коллектор в сборе с каталитическим нейтрализатором, кислородным датчиком (датчиками) и выпускными (приемными) трубами глушителей (участком трубы, сопрягаемым с присоединительным трубопроводом дополнительного глушителя-резонатора). В состав модуля могут входить также компенсатор колебаний сиффонного или углового типа и термоакустические кожухи и экраны, непосредственно закрепленные на корпусных элементах катколлектора.

Классы опасности загрязняющих веществ (в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007):

- 1 – чрезвычайно опасные;
- 2 – высокоопасные;
- 3 – умеренно опасные;
- 4 – малоопасные.

Камера акустическая реверберационная – помещение (лабораторно-стендовая установка), в котором практически вся (не менее 98%) излучаемая акустическая энергия отражается обратно к источнику, расположенному в этом помещении, от образующих его стен, пола и потолка, изготовленных из жесткого звукоотражающего материала.

Камера акустическая заглушенная (безэховая камера) – представляет собой безэховое помещение (лабораторно-стендовую установку), в котором пол, стены и потолок изготовлены (покрыты, футерованы) из эффективного звукопоглощающего материала. Практически вся (не менее 98%) звуковая энергия, излучаемая исследуемым объектом, распространяется в радиальных направлениях (излучается в сферу) и поглощается стенами, полом и потолком без какого-либо существенного отражения. Так как отражение звуковых волн практически отсутствует, то не возникает интерференционных взаимодействий прямых и отраженных звуковых волн, искажающих звуковое поле источника излучения, которые могли бы повлиять на точность измерений. В заглушенной безэховой акустической камере соблюдается «закон обратных квадратов», подразумевающий изменение уровней звукового давления сферического монополярного излучателя на 6 дБ при каждом изменении в два раза расстояния измерительного микрофона к поверхности излучателя.

Камера акустическая полузаглушенная. Часто по техническим или экономическим соображениям нецелесообразно строить безэховую камеру для акустических испытаний технических объектов, например для крупногабаритного оборудования. Для таких испытаний используют акустическое полузаглушенное помещение. Пол такого помещения является жестким звукоотражающим. Его обычно изготавливают из бетона, а стены и потолок покрывают (футеруют) высокоэффективным звукопоглощающим материалом. В этом случае в пространстве помещения звуковое излучение от объекта исследований происходит в полусферу. В результате регистрируемая звуковая энергия источника излучения удваивается (вследствие ее отражения от поверхности пола), что соответствует увеличению ее уровня на 3 дБ.

Каучуки этиленпропиленовые – сополимеры этилена с пропиленом. Плотность этиленпропиленовых каучуков 850...870 кг/м³. Тепло-, озono-, кислото- и щелочестойкие, превосходные диэлектрики, прочность при растяжении 20...28 МПа, относительное удлинение 400...600% (наполнитель – активный технический углерод). Применяются для изоляции проводов и кабелей, изготовления автомобильных прокладок и др. атмосферостойких изделий, губчатых материалов.

Квадруполь акустический – два спаренных диполя, излучающих звук в противофазе (звукоизлучающая система из четырех монополей).

Клей, адгезивы – композиции на основе органических или неорганических веществ, способные соединять (склеивать) различные материалы. Действие обусловлено образованием прочной адгезионной связи между клеевой прослойкой и соединяемыми поверхностями. На прочность клеевого шва влияют также когезия клеевого слоя и сопрягаемых поверхностей. Основой органических клеев служат главным образом синтетические олигомеры и полимеры (фенолоформальдегидные, эпоксидные, полиэфирные смолы, полиамиды, полиуретаны, кремнийорганические полимеры, каучуки и др.), образующие клеевую пленку в результате затвердевания при охлаждении (термопластичные клеи), отверждении (термоактивные клеи) или вулканизации

(резиновые клеи). К неорганическим клеям относят алюмофосфатные, керамические, силикатные, металлические.

Колебание акустическое — движение частиц упругой среды около положения их равновесия в звуковом диапазоне частот с амплитудным значением, превышающим пороговое значение чувствительности человеческого уха на данной частоте колебаний.

Концентрация загрязняющих веществ — массовая концентрация загрязняющих веществ, выраженная в миллиграммах на метр в кубе ($\text{мг}/\text{м}^3$).

Ковер (коврик) пола интегральный — деталь интерьера пассажирского помещения (кабины) АТС и/или багажного отделения кузова легкового автомобиля, изготовленная из ворсистых материалов ковровых покрытий, интегрированных в единый модульный элемент с деталями шумопоглощающего комплекта, например, шумоизолирующими или шумопоглощающими обивками (прокладками), включая в том числе и элементы, обеспечивающие неакустические функции (несущие крепежные, каркасно-жесткостные и др.).

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 внутренних потерь — это *коэффициент потерь*, определяемый исключительно величиной внутреннего трения упругодеформируемой структуры исследуемого 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 образцом (слоем) исследуемого вибродемпфирующего материала.

Коэффициент потерь приведенный — коэффициент потерь образца материала (коэффициент внутренних потерь, композитный коэффициент потерь), определенный по значениям величин на нескольких резонансных частотах колебаний образца в диапазоне до 400 Гц, с последующим приведением этих значений к одной (опорной) частоте, равной 200 Гц (см. DIN EN ISO 6721).

Коэффициент Пуассона — абсолютное отношение величины относительной поперечной деформации элемента тела к его относительной продольной деформации, например при растяжении образца, когда происходит сужение его поперечного сечения. Для изотропного тела величина коэффициента Пуассона не меняется ни при перемене знака (когда растяжение заменяется сжатием), ни при перемене направления деформации. Для большинства металлических материалов величина коэффициента Пуассона близка к 0,3. С ростом напряжений коэффициент Пуассона увеличивается и при достижении предела текучести становится равным 0,5. Чем ближе коэффициент Пуассона к 0,5, тем меньше тело способно изменять свой объем при деформировании.

Коэффициент жесткости — количественный критерий жесткости, представляющий отношение силы, приложенной к системе, к максимальной деформации, вызываемой этой силой.

Коэффициент упругости — величина, обратная *коэффициенту жесткости*. Жесткость конструкции определяется модулем упругости материала, геометрическими характеристиками сечения и линейными размерами деформируемого тела, видом нагружения и конструкцией опорных элементов. Практические приемы конструирования предусматривают отдачу предпочтения такому материалу, который обладает способностью нести наиболее высокие нагрузки при наименьших деформациях и массе

(с сопутствующими оценками стоимостных, технологических, экологических, эксплуатационных и прочих показателей).

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

Коэффициент рисайклинга (рециклирования) автомобиля – выраженный в процентах к снаряженной массе автомобиля результат расчетов пригодности нового автомобиля для повторного использования и вторичной переработки, выполненный в соответствии с методикой стандарта ISO 22628 [Директива 2005/64/ЕС].

Коэффициент утилизации автомобиля – выраженный в процентах к снаряженной массе автомобиля результат расчетов пригодности нового автомобиля для рисайклинга и энергетической утилизации, выполненный в соответствии с методикой стандарта ISO 22628 [Директива 2005/64/ЕС].

Конструкция несущая – элемент конструкции или совокупность элементов конструкции, обеспечивающие качественное функционирование навесных сборочных единиц в условиях воздействия дестабилизирующих силовых факторов.

Когезия, сцепление – притяжение между частицами одного и того же твердого тела или жидкости, приводящее к объединению этих частиц в единое тело. Причиной когезии являются силы межмолекулярного взаимодействия, водородной и/или химической связи. Силы когезии наиболее велики в твердых телах.

Колебания гармонические – колебания, при которых физическая величина изменяется с течением времени по синусоидальному закону.

Колебания когерентные – колебания, согласованно протекающие во времени, т. е. между фазами которых имеется (поддерживается) неизменное соотношение. Например, два гармонических колебания полностью когерентны, если разность их фаз не зависит от времени (т. е. их частоты одинаковы), и некогерентны – если разность их фаз зависит от времени (т. е. их частоты различны). Типичным примером когерентных источников шумового излучения АТС являются открытые шумоизлучающие срезы воздухозаборного патрубка воздухоочистителя ДВС и свободного концевой участка хвостовой трубы системы выпуска отработавших газов ДВС на основной частоте рабочего процесса ДВС (и кратной ей порядковых гармоник) вследствие наличия их «жесткой привязки» к частоте (скорости) вращения коленчатого вала. Например, для 4-тактного 4-цилиндрового ДВС такой основной частотой следования рабочих импульсов и звукового излучения на впуске и выхлопе ДВС является частота второго порядка $2n/60$ Гц, где n – частота вращения коленчатого вала в мин^{-1} . Когерентность колебаний – необходимое условие осуществления интерференции волн при их сложении. Именно этим зачастую и объясняются феноменальные эффекты возрастания общих уровней звуковых давлений на основной частоте рабочего процесса ($2n/60$) при частичном подавлении (полном устранении) одного из когерентных источников излучения (впуска и выпуска), которое возникает вследствие ослабления (исчезновения) противофазного интерференционного взаимодействия этих когерентных источников.

Кожух – наружная защитная оболочка машины, механизма (двигателя, коробки передач и т. п.), как правило, гладкой обтекаемой формы, содержащая каркас обрешетки, которая служит для уменьшения шума (тепло- и влагозащиты), генерируемого виброакустическими процессами машины (механизма), а также для выполнения сопутствующих функций декоративного, несущего, травмозащитного элементов.

Кожухи ДВС (защитные крышки, ограждающие корпусные элементы для механизмов и/или систем ДВС), наделяемые акустической (шумопоглощающей, шумоизоляционной) функцией. К ним относятся, в частности, клапанная крышка (крышка головки цилиндров), крышка (кожух) ограждения ремня (цепи) привода газораспределительного механизма, кожухи корпусов нейтрализаторов и глушителей системы

выпуска отработавших газов, кожух картера сцепления (защитная крышка маховика ДВС). Они могут выполняться как металлическими (стальными, алюминиевыми), так и пластмассовыми (полиамид 66, полиамид 6). Крепление кожухов к корпусу двигателя (картера сцепления), нейтрализатора и/или глушителя системы выпуска отработавших газов может быть как жестким, так и с использованием виброизолирующих элементов (резиновых, металлорезины, прессованного сетчатого материала). Внутренняя поверхность кожуха может содержать вибродемпфирующую и/или звукопоглощающую футеровку, термоизоляционную прослойку из высокотемпературного волокнистого (типа базальтового или стеклянного волокна) или вспененного керамического вещества. Стенка кожуха может быть как сплошной, так и перфорированной (микроперфорированной) структуры. Также достаточно широко распространено использование высокодемпфированных слоистых структур кожухов (двухслойных без внутренней полимерной вязкоэластичной высокотемпературной полимерной прослойки или трехслойных сэндвич-структур типа «металл-пластик-металл» – МПМ).

Кокпит. В наземных транспортных средствах, в частности, АТС – это агрегированный многофункциональный модуль передней панели кабины (пассажира помещения). Включает интегральную конструкцию панели приборов, отопительно-вентиляционной установки (кондиционера), подушки безопасности, перчаточного ящика и различных других функциональных устройств конкретной модели и комплектации АТС.

Коммуникации акустические (волноводные) в АТС (легковом автомобиле) – пустотелые шумопередающие элементы конструкций кузовных элементов: порогов, лонжеронов, усилителей, стоек или открытых технологических или различных коммуникационных функциональных окон и щелевых отверстий, через которые передается звуковая энергия во внутреннее пространство пассажирского помещения (кабины) воздушным путем из зашумленных пространств моторного отсека, багажного отделения или подднищевое пространство кузова автомобиля (из-под пола, из зон колесных арок).

Критерии шумовые – наборы кривых, связывающих уровни звука в октавных полосах частот с помехой разборчивости речи и приемлемостью для тех или иных условий.

Критическая частота – самая низкая частота, при которой еще возможен *резонанс совпадений* для данной панели (перегородки), выше которой звукоизоляция панели (перегородки) понижается. Чем меньше упругость панели (перегородки) и чем она тоньше, тем выше критическая частота.

Максимальная скорость АТС – наибольшая установившаяся скорость движения АТС на прямом горизонтальном измерительном участке дороги, определяемая при заданных условиях испытаний.

Масса – физическая характеристика материи, являющаяся мерой ее инерционных и гравитационных свойств. Единица измерения – килограмм (кг).

Мощность – энергетическая характеристика, равная отношению работы к интервалу времени ее совершения. Мощность P силы F равна скалярному произведению F на скорость V точки приложения силы. Измеряется в ваттах (Вт).

Мощность акустическая – выраженное в ваттах общее количество звуковой энергии, излучаемое источником в окружающее пространство, в единицу времени.

Максимальная мощность двигателя – мощность двигателя в киловаттах, определенная по ГОСТ Р 41.85.

Материалы акустические – конструкционные материалы, используемые для изменения (улучшения) тех или иных акустических характеристик технических объектов (транспортных средств, энергетических установок, промышленного оборудования, бытовой техники, жилых и производственных зданий, киноконцертных и театральных залов, музыкальных инструментов, электроакустических установок и пр.), которые непосредственно генерируют паразитные звуковые (шумовые) излучения, либо защищают от их нежелательного воздействия, целенаправленно формируют те или иные

звуковые образы путем воздействия как на сами излучатели, так и на среду распространения звуковых излучений. Акустические материалы рассматриваются соответствующими разделами прикладной акустики – технической, архитектурно-строительной, музыкальной. Различные типы акустических материалов (звукопоглощающих, звукоизолирующих, вибродемпфирующих, виброизолирующих) находят самое широкое применение как в виде отдельных обособленных однородных структур, так и в составе многослойных деталей и сборных модулей многофункционального назначения.

Материалы акустические (виброакустические) автомобильные – совокупность виброшумопоглощающих материалов (вибродемпфирующих, виброизолирующих, звукопоглощающих и звукоизолирующих), используемых для изготовления автомобильных деталей и узлов, предназначенных для уменьшения регламентируемых нормативными документами (международными и национальными стандартами) уровней внешнего и внутреннего шума, общей и локальной вибрации на местах водителя и пассажиров, а также для обеспечения (улучшения) конкурентоспособных потребительских свойств автомобилей в отношении достигаемого акустического и вибрационного комфорта в кабине (пассажирамском помещении) АТС.

Мастики битумные – материалы, применяемые для приклейки кровельных и других строительных материалов, устройства гидроизоляции и обмазки конструктивных элементов с целью защиты их от коррозии. В битумных мастиках для улучшения их свойств вводят порошок утильной резины, полимеры, копороль. В качестве непосредственных мастичных ламинатных покрытий в АТС, как правило, не применяются.

Материал виброзвукодемпфирующий (виброшумодемпфирующий) – это материал, обладающий *виброзвукодемпфирующими (виброшумодемпфирующими) свойствами*.

Материал вибродемпфирующий – материал, обладающий коэффициентом потерь не менее 0,05 [33; 34], наносимый в качестве дополнительного ламинатного слоя на виброактивную тонкостенную поверхность конструктивного элемента виброшумоактивного механизма.

Материал пластинчатый перфорированный – плосколистная или формованная неплоской геометрической формы металлическая или полимерная структура, содержащая многочисленные сквозные отверстия. Использование такого типа конструктивных структур позволяет достигать шумопоглощающего эффекта за счет реализации в ней соответствующих динамических процессов и возникающих диссипативных потерь энергии звуковых волн в процессе их распространения (прохождения) через перфорированную структуру с сопутствующими процессами резонансного трения в горлышках отверстий перфорации при образующихся шумоподавляющих эффектах колебательных (акустических) резонансов воздушных объемов, заключенных в полостях горлышек и замкнутой полости, образуемой перфорированной пластиной и звукоотражающей поверхностью за ней.

Материал вязкоэластичный – материал, обладающий свойством оказывать сопротивление перемещению одной его части относительно другой и способный восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия нагружающей силы.

Материал вибродемпфирующий жесткий – тип вибродемпфирующего материала (как правило, плосколистного), модуль упругости E которого превышает граничную величину $E \geq 0,3 \times 10^9$ Н/м². Динамические деформации жестких вибродемпфирующих материалов, вызывающие эффект вибродемпфирования, характеризуются преимущественным характером растяжения (сжатия) в направлении плоскости ламинатного покрытия, адгезионно смонтированного на вибрирующей тонколистовой панели.

Материал вибродемпфирующий мягкий – тип вибродемпфирующего материала (как правило, плосколистного), модуль упругости E которого не превышает заданную величину $E \leq 0,1 \times 10^9$ Н/м². Процесс демпфирования виброшумоактивных конструктивных элементов машин мягкими вибродемпфирующими материалами обусловлен

динамическими деформациями, вызываемыми упругими волнами сжатия, распространяющимися по толщине материала, по нормали к поверхности демпфируемой пластины (на которой адгезионно установлен вибродемпфирующий материал). В связи с этим для достижения приемлемой эффективности вибродемпфирования (для виброшумоактивных агрегатов АТС) требуется использование «толстых» слоев такого вибродемпфирующего покрытия, что ограничивает их применение в АТС по компоновочным и стоимостным соображениям.

Материал вибродемпфирующий армированный — тип вибродемпфирующего материала (как правило, плосколистого), содержащий нижний «рабочий» вязкоэластичный слой и внешний жесточающий армирующий слой (фольгированный металлический). Модуль упругости «рабочего» вязкоэластичного слоя в армированных вибродемпфирующих материалах составляет $E \leq 0,5 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$, а модуль упругости армирующего слоя $E \geq 60 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$. При динамических деформациях структуры армированных вибродемпфирующих материалов возникающие диссипативные потери колебательной энергии формируются преимущественно сдвиговыми деформациями вязкоэластичного слоя.

Материал вибродемпфирующий комбинированный — тип вибродемпфирующего материала, составленный в виде отдельных структурных слоев, включающих как доминирующие вибродемпфирующие слои, так и сопутствующие другие функциональные (например, звукопоглощающие или термоизоляционные) слои материалов.

Материал вибродемпфирующий с отнесенным вязкоэластичным слоем — тип двухслойного вибродемпфирующего материала (как правило, плосколистого), состоящий из нижнего монтажного облегченного «толстого» слоя с низким коэффициентом потерь (например, битуминированного пергамина) и *отнесенного* верхнего «тонкого» вязкоэластичного слоя с повышенным коэффициентом потерь. Использование подобной слоистой структуры вибродемпфирующего материала позволяет увеличить момент инерции вязкоэластичного слоя, *отнесенного* от демпфируемой поверхности панели, усилить в нем продольные динамические деформации (вызванным удалением вязкоэластичного слоя от нейтральной плоскости панели) и в результате — увеличить вибродемпфирующий эффект.

Материал вибродемпфирующий термоприплавляемый — плосколистой вибродемпфирующий материал, монтируемый на тонколистовую виброшумоактивную поверхность механизма (например, панель кузова АТС), без использования дополнительного монтажного адгезионного слоя. Адгезионное соединение формируется образованием композитной ламинатной структуры с сопрягаемой поверхностью (кузовной панели) и осуществляется посредством адгезионных свойств самой структуры вязкоэластичного слоя материала.

Материал вибродемпфирующий термоадгезивный — плосколистой вибродемпфирующий материал, монтируемый на тонколистовую виброшумоактивную поверхность механизма (например, панель кузова АТС), с использованием дополнительного термоактивного вещества, нанесенного на сопрягаемую поверхность материала и образующего композитную ламинатную структуру с демпфируемой панелью кузова при повышении температуры (+100...+150°С).

Материал плосколистой — материал, выпускаемый в виде отдельных плоских листов заданного геометрического размера.

Материал формованный (цельноформованный) — материал, образуемый в результате технологических операций формования, с последующим получением, как правило, неплоских деталей сложной геометрической формы, реализующей геометрическую топологию различной кривизны, пористости, плотности и т. д.

Материал самоклеящийся – материал, монтируемый на сопрягаемую поверхность детали механизма или машины, например панель кузова АТС, посредством имеющегося на его поверхности монтажного липкого клеевого слоя, защищенного слоем антиадгезионной бумаги или пленки (демонтируемой в процессе монтажа).

Маскировка звука – способность естественного постороннего (или искусственно созданного дополнительного) звукового излучения препятствовать (затруднять) свободному восприятию тех или иных звуковых сигналов (субъективному восприятию человеком или регистрации исследуемого звукового сигнала инструментальными измерительными средствами).

Микрофон измерительный – высокоточный первичный преобразователь звукового давления в пропорциональный выходной электрический сигнал.

Многофункциональный конструктивный элемент машины, механизма, системы (АТС), наделенный выраженной акустической (шумопонижающей) функцией – элемент, выполняющий помимо своих основных функций (декоративной, несущей, термоизоляционной и др.) попутную полезную шумопонижающую функцию.

Моды колебаний (нормальные колебания) – гармонические волны, распространяющиеся в волноводе без изменения формы, гармонические свободные колебания линейных колебательных систем (собственные моды).

Моды колебаний резонансные – характеристика виброакустических свойств механической или газодинамической системы, напрямую связанная с собственной резонансной частотой. Резонансная мода иллюстрирует тип (форму) колебаний системы на ее собственной частоте (собственных частотах) при совпадении частот собственных колебаний системы и частот вынужденных колебаний (частоты возбуждения).

Моды колебаний нормальные – моды свободных колебаний без затухания. Всякое сложное колебательное движение системы может быть представлено суммой нормальных мод, каждая из которых колеблется независимо от других.

Мода частичная – мода колебаний части (фрагмента) исследуемой конструкции, полученная на основе измерений в нескольких контрольных точках определенной части конструкции.

Мода полная – мода колебаний исследуемой полномасштабной конструкции.

Мода объединенная – набор частичных мод, приведенных к одному и тому же уровню (масштабу).

Модальный анализ – процесс определения модальных параметров (модальных частот колебаний, модальных демпфирований и модальных форм колебаний на выявленных модальных частотах) и построение модальной модели колебательной системы в заданном частотном диапазоне с целью последующей идентификации и описания её (механической или газодинамической системы) динамического поведения.

Модальный анализ основан на вычислении частотных передаточных характеристик (*FRF* – *Frequency Response Function*) по измеренным значениям сил (F), приложенных к конструкции (одновременное возбуждение нескольких степеней свободы *DOFs* – *Degrees of Freedom* конструкции случайным некоррелированным шумом), и её динамических откликов, регистрируемых в виде виброускорений (a). Измерения, проводимые вышеуказанным методом, – полностью контролируемый процесс, позволяющий исключить неизвестные (внутренние, внешние) силы, действующие на систему, а также эффективно управлять входным воздействием.

На основании полученных в результате эксперимента частотных характеристик (*FRF*) рассчитывается общая частотная характеристика всей конструкции (*FRF*_{суммарная}) и определяются целевые модальные параметры системы (модальные частоты колебаний, модальные демпфирования и модальная форма колебаний на выявленных модальных частотах).

На основании полученных модальных параметров после проведения процедуры проверки (валидации) производится перерасчёт (синтез) передаточных функций ($FRF_{i\text{синт.}}$), форма и поведение которых сопоставляются с соответствующими параметрами кривых, полученных экспериментальным путем.

Модальная характеристика – совокупность взаимосвязанных значений параметров частоты, демпфирования и формы колебаний системы.

Модальная масса – математическая величина, которая может иметь любое значение, отличное от нуля, и используется для определения масштабной постоянной для каждой моды. Она непосредственно не связана с реальной массой исследуемой колебательной структуры и не может быть измерена экспериментальным путем.

Модальная частота – численное значение частоты, соответствующее определенной собственной (резонансной) моде колебаний. Она определяется как пиковое значение частоты на кривой частотно-передаточной функции.

Модальное демпфирование – численное значение *коэффициента демпфирования*, соответствующее определенной моде колебаний.

Модуль – совокупность систем, подсистем и/или автомобильных компонентов, скомпонованных в автомобиле в непосредственной близости друг от друга (другое название – сборочный узел или сборочный комплект).

Модуль потерь (M) – показатель, характеризующий эффективность снижения звуковой вибрации тонколистовых панелей (например, панелей кузова автомобиля) при ламинировании их вибродемпфирующими материалами. Определяется произведением коэффициента внутренних потерь (β_2) и модуля упругости (E) применяемого вибродемпфирующего материала:

$$M = \beta_2 \times E, \text{ Н/м}^2.$$

Модуль упругости (E) – 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*).

Модуль сдвига (σ) – параметр, характеризующий деформацию упругого тела, вызываемую взаимным смещением параллельных слоев (волокон) материала под действием соответствующих приложенных сил при неизменном расстоянии между слоями. Модуль сдвига (σ) определяется отношением касательного напряжения (τ) к величине угла сдвига (γ):

$$\sigma = \tau / \gamma.$$

Монополь акустический – классический точечный излучатель звука типа пульсирующей сферы.

Неустановившийся режим работы ДВС – режим, при котором ДВС вырабатывает энергию, отличающуюся от той, которая необходима ему для преодоления внешней нагрузки или собственных механических потерь, при его работе без нагрузки (на холостом ходу).

Нейтрализаторы отработавших газов ДВС – устройства, выполняющие термическую и каталитическую нейтрализацию токсических компонентов, содержащихся в отработавших газах (ОГ). При *термической нейтрализации* ОГ происходит дожигание СН и СО с преобразованием их в СО₂ и Н₂О в полостях термических реакторов за счет удлинения времени нахождения ОГ в высокотемпературной зоне. В полость термического реактора подается вторичный воздух, а также для процесса окисления используется свободный кислород, содержащийся в ОГ. Процесс термической нейтрализации ОГ является относительно малоэффективным. При *каталитической нейтрализации* ОГ происходит более эффективная нейтрализация токсических компонентов при примерно вдвое более низких температурах, необходимых для протекания

реакций химических процессов. Каталитические нейтрализаторы подразделяются по типам на *двухкомпонентные* – окислительные (для CO и CH) и *восстановительные* (для восстановления азота из NO_x) и *трехкомпонентные* (нейтрализация CO, CH и NO_x).

Обработка АТС – любая деятельность, осуществляемая после того, как отслужившее свой срок АТС было передано на предприятие для очистки, демонтажа, разрезания, измельчения, утилизации или подготовки к уничтожению измельченных отходов, и любые другие операции, осуществляемые с целью утилизации и/или уничтожения отслужившего свой срок АТС и его компонентов.

Отражение звука – физический процесс, возникающий при падении звуковой волны на препятствие и вызывающий образование отраженной волны, распространяющейся от препятствия обратно в среду, из которой пришла падающая волна.

Октава (октавная полоса частот) – частотный интервал между двумя звуками, значения частот которых отличаются вдвое.

Отходы – это всякое вещество или предмет, которое владелец выбрасывает или намеревается выбросить или оно подлежит выбросу (согласно определению Директивы 75/442 ЕЭС). АТС, вышедшие из эксплуатации, являются *отходами* и представляют собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду их большой массы и наличия в них токсичных веществ, оказывающих вредное воздействие на здоровье людей и на экосистемы. Ежегодно из эксплуатации выходит от 6 до 10% парка автомобилей (например, в Европе – это примерно 12 млн шт., в Москве – более 150 тыс. шт.).

Паскаль (Па) – единица давления (в том числе звукового) и механического напряжения.

1 Па равен давлению, вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м².

1 кПа = 10³ Па, 1 МПа = 10⁶ Па, 1 ГПа = 10⁹ Па, 1 мПа = 10⁻³ Па, 1 мкПа = 10⁻⁶ Па.

Параметр – показатель, характеризующий какое-либо свойство продукта, для которого в рамках конкретного применения присваивается определенное значение. Например: масса, коэффициент аэродинамического сопротивления, жесткость, ускорение и т. д.

Параметр жесткостной при изгибных колебаниях (*K*) – характеризует жесткостные свойства тонколистовых виброшумоактивных структур, определяемые произведением модуля упругости (*E*) материала на их толщину (*h*). Используется для оценок эффективности армированных вибродемпфирующих материалов:

$$K = E \times h, \text{ Н/м.}$$

Параметр «демпфирование» – величина, характеризующая скорость затухания свободных колебаний стальной плиты лабораторно-стендовой установки «Плита SAE» со смонтированным на плите плосколистовым образцом исследуемого материала (вибродемпфирующего, звукоизолирующего).

Параметры приведенные – значения технических параметров, например, «композитного коэффициента потерь», «модуля упругости», «коэффициента внутренних потерь», определенные на низших собственных резонансных частотах изгибных колебаний образца демпфируемой пластины (в диапазоне 20...400 Гц), с последующим их приведением к «опорной» (базовой) частоте 200 Гц согласно DIN EN ISO 6721.

Пергамин – кровельный и гидроизоляционный материал, получаемый пропиткой кровельного картона нефтяными битумами. Может использоваться в качестве промежуточного (отнесенного) слоя в двухслойных вибродемпфирующих материалах с отнесенным вязкоэластичным слоем.

Перфорированные отверстия (отверстия перфорации) – несколько (не менее двух) отверстий заданной идентичной геометрической формы и площади, расположенных друг относительно друга и/или относительно другого конструктивного элемента

детали (узла) на заданном расстоянии. Перфорации – от латинского *perforato* – пробиваю, прокалываю – технологический процесс выполнения отверстий заданных размеров, расположенных соответствующим образом в структуре изготавливаемой детали (узла).

Переработка АТС – процессы проведения сбора, транспортировки, разборки, утилизации АТС и захоронения не утилизируемых *отходов*.

Переработка вторичная – переработка *отходов* в производственном процессе для первоначального использования или для других целей, но за исключением энергетической утилизации.

Плавность хода – свойство автомобиля обеспечивать виброзащиту водителя, пассажиров, перевозимых грузов и собственных агрегатов от воздействия вибраций, возникающих при движении.

Пластмассы (пластики) – материалы на основе полимеров, способные приобретать заданную форму при нагревании под давлением и сохранять ее после охлаждения. Могут содержать наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, пигменты и другие компоненты. Находят самое широкое применение в конструкциях деталей и узлов АТС (ДВС).

Пластики битумные (битуминированные, битуминозные) – пластмассы на основе природных и искусственных нефтяных битумов, каменноугольного пека или их сплавов, наполненные хлопковыми очесами или кизельгуром. Атмосферо- и водостойкие материалы. Применяются для изготовления аккумуляторных баков, деталей радио- и электроаппаратуры, кровельных и гидроизоляционных материалов (рубероида, покрытий полов и т. п.).

Пластики армированные – пластмассы, содержащие в качестве упрочняющего наполнителя волокнистые материалы в виде нитей, жгутов, тканей, фольги и др. К армированным пластикам относят, например, асбопластики, стеклопластики, углепластики.

Пластификатор – органическое вещество, вводимое в полимерные материалы для придания (как правило, повышения) эластичности и/или пластичности при изготовлении и эксплуатации деталей машин и механизмов АТС (ДВС). Облегчает диспергирование в вязкоэластичных материалах сыпучих ингредиентов, снижает температуры текучести, морозостойкости, стеклования, теплостойкости, а также позволяет повысить огне-, свето- и термостойкость.

Пластичность – физическое свойство материалов сохранять деформированное состояние (форму) после прекращения действия внешних механических (или температурных) нагрузок, которые вызвали это деформированное состояние.

Пленки полимерные – сплошные слои полимеров толщиной до 0,25 мм. Изготавливаются из полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола, хлоридов, полиолефинов, эфиров целлюлозы и других материалов. Могут наделяться защитными, декоративными, звукопрозрачными свойствами.

Пластина – механическая структура, в которой главным фактором, обуславливающим ее упругие свойства, является жесткость (в этом основное отличие пластины от мембраны, жесткостью которой можно пренебречь ввиду ее незначительности по сравнению с натяжением).

Подбор (перебор) селективный альтернативных технических решений – предусматривает как сортировку, так и группирование мероприятий по достигаемым и целевым значениям шумопонижающих эффектов с учетом технологических, эксплуатационных, экологических и стоимостных параметров.

Поле акустическое (звуковое) – физический процесс генерирования и распространения в упругой среде (газообразной, жидкостной, твердой) акустических волн, вызванных действием сторонних механических, газодинамических, электромагнитных,

сейсмических, биологических источников колебаний. Представляет совокупность пространственно-временных распределений физических параметров в упругой среде, характеризующих рассматриваемое звуковое возмущение.

Полезная модель — техническое решение, относящееся к устройству. Полезная модель признается соответствующей условиям патентоспособности, если она является новой и промышленно применимой. Патент на полезную модель действует до истечения десяти лет с даты подачи (регистрации) заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Срок действия патента на полезную модель может быть продлен федеральным органом исполнительной власти по интеллектуальной собственности по ходатайству патентообладателя, но не более чем на три года.

Полюс — комплексная величина, описывающая форму амплитудной и фазовой кривых частотно-передаточной функции и характеризующая качественный критерий динамических свойств колебательной системы. Числовое значение действительной части полюса — это *коэффициент затухания*, определенный в частотной области -3 дБ среза полосы пропускания пика *частотно-передаточной функции* (при -3 дБ срезе пикового значения на кривой *частотно-передаточной функции* соответствует ширине полосы пропускания; таким образом, *величина коэффициента затухания* составит половину замеренного значения ширины данной полосы пропускания). Мнимой частью полюса является частота свободно затухающих колебаний (модальная частота).

Поверхность звукоизлучающая — колеблющаяся поверхность, обращенная к упругой среде и создающая в пограничном слое переменное давление, которое последовательно сообщается (передается) к более удаленным слоям среды в виде генерируемых ею звуковых волн.

Поле звуковое ближнее (гидродинамическое) — пространство вблизи непосредственного излучателя звуковой энергии, в котором не соблюдается закон обратно пропорционального изменения звукового давления от квадрата расстояния до источника (согласно указанному закону — уменьшение уровня звукового давления на 6 дБ соответствует удвоению расстояния до источника). Это звуковое поле, в котором фазы мгновенного звукового давления и мгновенной колебательной скорости частиц упругой среды являются существенно различными.

Поле звуковое свободное — звуковое поле в однородной изотропной среде, границы которой оказывают пренебрежимо малое действие на звуковые волны. В свободном звуковом поле (*дальнем звуковом поле*) соблюдается закон обратной пропорциональности изменения звукового давления от квадрата расстояния до сферического источника излучения звука (изменение уровня звукового давления на 6 дБ — при удвоении расстояния от источника).

Полиуретаны (ПУ) — синтетические полимеры, содержащие в основной цепи макромолекулы повторяющиеся группы (уретановые группы). Образуются при взаимодействии ди- или полиизоцианатов с двух- или трехатомными спиртами. Обладают высокой износо-, атмосферо- и кислотостойкостью. Применяются для пенопластов, клеев, пленок, лаков, волокон и т. п. Открытоячеистые пенополиуретаны (ППУ) — один из наиболее распространенных видов звукопоглощающих материалов, используемых в автомобильной промышленности.

Полиолефины — продукты гомо- или сополимеризации олефинов (этилена, пропилена, бутиленов и др.). Занимают первое место среди синтетических полимеров по объему производства (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, этиленпропиленовые каучуки).

Полипропилен (ПП) — твердый продукт полимеризации пропилена, плотность 905...920 кг/м³, плавится при 160...176°С, нерастворим в органических растворителях,

устойчив к действию кипящей воды и растворов щелочей, разрушается в неорганических кислотах, характеризуется высокой ударной прочностью, стойкостью к многократному изгибу и истиранию, низкой паро- и газопроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами, невысокой термо- и светостойкостью. Применяется в производстве волокон, пленок, труб для агрессивных жидкостей. В автомобильной промышленности используется в качестве конструкционного материала корпусных деталей систем автомобилей (впуска и охлаждения ДВС, системы вентиляции и отопления). Полипропиленовые волокна – синтетические волокна, получаемые формованием из расплава полипропилена. Используются при изготовлении обивочных материалов, ковров, брезентов и пр. (в том числе для АТС).

Полистирол (ПС) – твердый продукт полимеризации стирола, плотность 1050 кг/м³, стоек в воде, в разбавленных растворах кислот и щелочей, физиологически безвреден, обладает невысокими прочностными характеристиками и теплопроводностью. Применяется в производстве пенопластов. Из-за большой хрупкости полистирола в производстве изделий применяют сополимеры стирола с бутадиеновым каучуком (ударопрочный полистирол) или АБС-пластик, широко используемый для изготовления деталей интерьера (облицовок) АТС.

Поливинилхлорид (ПВХ) – твердый продукт полимеризации винилхлорида. Плотность 1350...1430 кг/м³, свыше 110°C – разлагается с выделением HCl. При введении в ПВХ до 10% пластификатора получают жесткий материал с высокими показателями механических свойств (винилпласт), используемый в производстве коррозионно-стойких труб, листов, пленок. ПВХ, содержащий до 100% (от массы полимера) пластификатора, – эластичный и морозостойкий материал (пластикат), который применяется для изготовления гибких листов, фасонных изделий, изоляции кабелей. Дисперсии порошкообразного ПВХ в пластификаторах (пластизоли) – сырье в производстве искусственных кож, покрытий полов. Из растворов ПВХ в органических растворителях получают пленки и волокна. Используется в конструкциях АТС в основном в виде защитных и декоративных покрытий деталей.

Поливинилацетат (ПВА) – твердый продукт полимеризации винилацетата. Плотность 1190 кг/м³. Отличается заметной хладотекучестью. Растворим во многих органических растворителях. Нетоксичен. Для ПВА характерна высокая адгезия к тканям, коже. Является основой клеев, пропиточных составов, эмульсионных красок.

Полиэтилен (ПЭ) – твердый продукт полимеризации этилена. Плотность 913...978 кг/м³, плавится при 102...137°C. Сочетает высокую прочность при растяжении с эластичностью, хороший диэлектрик, устойчив к растворам щелочей, соляной и органическим кислотам, стоек к действию радиоактивных излучений, физиологически безвреден. Применяется в производстве пленок, емкостей, труб для агрессивных жидкостей, изоляции проводов и т. д.

Полимеризация – синтез полимеров, основанный на последовательном присоединении молекулы мономера к активному центру на конце растущей цепи.

Поглощение звука – явление необратимого перехода энергии, распространяемой в среде звуковой волны, в другие виды энергии, в частности в тепло. Поглощение звука характеризуется коэффициентом поглощения звука (α), определяемым как обратная величина того расстояния, на котором амплитуда звуковой волны спадает в e раз. Амплитуда плоской звуковой волны, бегущей вдоль оси x , убывает с расстоянием как $e^{-\alpha x}$, а интенсивность – как $e^{-2\alpha x}$.

Податливость динамическая – оценочный параметр, который представляет собой отношение колебательного смещения к вызывающей его силе.

Полоса пропускания фильтра – диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика устройства (фильтра) достаточно равномерна, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения. Основные параметры полосы

пропускания – ширина полосы и неравномерность амплитудно-частотной характеристики в пределах полосы пропускания.

Потери диссипативные – необратимое рассеяние (потеря) энергии (в данном случае – колебательной энергии).

Повторное использование компонентов АТС – комплекс технологических процессов и мероприятий, при которых *компоненты* (детали, узлы, системы, агрегаты, модули) вышедшего из строя (завершившего свой жизненный цикл) АТС используются для тех же целей, для которых они предназначались при изготовлении АТС.

Подсистема – совокупность меньшего, чем в *системе*, количества деталей, интегрирующая более одной технологии (например, электронный блок управления антиблокировочной системы).

Подвеска силового агрегата АТС – обособленные резино-металлические опорные виброизолирующие элементы, или резино-металлические опорные элементы с встроенными механизмами гидравлического демпфирования (гидроопоры, гидровтулки), смонтированные на крепежных кронштейнах корпуса силового агрегата, удерживающие колеблющийся корпус силового агрегата при работе ДВС на силовых элементах кузова (раме, подрамнике, подмоторной балке). Обеспечивает тот или иной виброизоляционный эффект по ослаблению передачи колебательной энергии от корпуса силового агрегата на присоединенную несущую конструкцию (кузова, рамы, подрамника, подмоторной балки), осуществляемый как за счет самих конструкций опорных элементов (виброизоляторов), так и за счет их определенного пространственного размещения относительно главных центральных осей инерции силового агрегата.

Подвеска системы выпуска отработавших газов ДВС – опорные упруго-демпфирующие элементы (резиновые виброизоляторы), предназначенные для закрепления составных элементов системы выпуска отработавших газов ДВС к присоединяемым несущим элементам кузова (рамы) АТС.

Подвеска модуля системы охлаждения ДВС АТС – резиновые виброизоляторы, установленные между корпусом модуля системы охлаждения (радиатором в сборе с электровентилятором) и несущим каркасным фрагментом кузова (рамы, подрамника, подмоторной балки), обеспечивающие ослабление передачи вибрационной энергии на несущий элемент АТС, генерируемой электровентилятором модуля системы охлаждения ДВС.

Продольная центральная плоскость транспортного средства – плоскость, перпендикулярная к плоскости опорной поверхности и проходящей через середину колеи АТС.

Промышленный образец – вид охранного документа защиты интеллектуальной собственности заявителя. В качестве промышленного образца охраняется художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Патент на промышленный образец действует до истечения десяти лет с даты подачи (регистрации) заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Срок действия патента на промышленный образец может быть продлен федеральным органом исполнительной власти по интеллектуальной собственности по ходатайству патентообладателя, но не более чем на пять лет.

Преобразователь – устройство (прибор), воспринимающее воздействие извне и преобразующее его в сигнал (звуковой, электрический), удобный для дальнейшей передачи или переработки.

Проводимость акустическая – величина, обратная акустическому импедансу (см. термины «акустический импеданс» и «акустическое сопротивление»). *Удельная*

акустическая проводимость поверхности — отношение колебательной скорости частиц (v) на этой поверхности к звуковому давлению (p):

$$X = \frac{V}{p}.$$

Промышленная (техническая, инженерная) акустика — область прикладных инженерных знаний, охватывающих изучение (исследование) процессов распространения и поглощения энергии вибрационных колебаний и звуковых волн в различных упругих средах (газообразных, жидких, твёрдых), генерируемых разнообразными техническими объектами. Такого типа виброзвукогенерирующими (виброшумогенерирующими) техническими объектами являются наземные, воздушные и водные транспортные средства, энергетические установки, производственно-технологическое оборудование, электроакустические установки, дорожно-строительная и горнодобывающая техника, санитарно-техническое оборудование и бытовая техника. Основные задачи, решаемые данной научно-технической дисциплиной, заключаются в разработке эффективных технических средств ослабления виброакустической энергии и изменения её спектрального состава до приемлемых значений уровней, регламентированных законодательными нормами международных и национальных стандартов, а также в целенаправленном формировании (синтезе) «привлекательно-комфортных» и/или «информативных» для восприятия человеком виброакустических сигналов, генерируемых как непосредственно виброшумоактивными техническими объектами, так и применяемыми искусственными излучателями звука, и/или использовании дополнительных технических устройств пассивного загораживания передачи виброакустической энергии на путях её распространения, включая в том числе архитектурно-строительные сооружения или соответствующие организационные мероприятия.

Техническая область промышленной акустики не включает способы и устройства акустической локализации технических и/или биологических объектов, оружейных средств инфразвуковых излучений, технологических и диагностических процессов, использующих технические устройства ультразвуковых колебаний в машиностроении, химической и пищевой промышленности, строительной индустрии и медицине. Отдельными разделами акустики как составной части физики являются архитектурно-строительная, психологическая, физиологическая, биологическая, молекулярная, музыкальная акустика, которые также не рассматриваются курсом «Промышленная акустика».

Пучность — точка (линия, поверхность), в которой амплитуда той или иной физической величины, характеризующей данную стоячую волну (смещение, колебательную скорость, звуковое давление и т. д.), принимает максимальное значение.

Расход — величина, определяемая отношением массы вещества (массовый расход) или объема (объемный расход) вещества, перемещаемого через сечение канала транспортировки вещества, перпендикулярное направлению перемещения потока, к промежутку времени, за который это перемещение вещества происходит. Соответственно, расход выражается в кг/с и м³/с. В АТС расход топлива выражается в литрах на 100 км эксплуатационного пробега (на заданных режимах в условиях эксплуатации).

Режим тепловой — температурное состояние технического объекта (машины, агрегата, узла), т. е. пространственно-временное распределение температуры в составных элементах технического объекта (например, ДВС).

Режим работы ДВС — определенная совокупность параметров рабочего процесса, факторов внешней среды и внешней нагрузки, обеспечивающих ДВС определенные мощностные, экономические и экологические показатели.

Рабочее тело ДВС — это субстанция, с помощью которой происходит преобразование тепловой энергии в механическую энергию (работу). В процессе работы ДВС *рабочее*

тело непрерывно обновляется. При этом осуществляются физико-химические превращения *рабочего тела*, представляющего собой смесь окислителя (кислорода, атмосферного воздуха), топлива и остаточных газов. Для эффективного использования в ДВС, т. е. с максимальным выделением теплоты и минимальным образованием токсических продуктов в отработавших газах, топлива должны обладать высокими экологическими качествами, иметь минимальную склонность к образованию нагара и коррозионно-активных продуктов сгорания, обладать возможно меньшей пожарной и экологической опасностью. Топлива должны обеспечивать необходимые энергетические, экономические и экологические показатели ДВС (испаряемость, пусковые и низкотемпературные свойства, воспламеняемость, антидетонационные свойства и др.).

Рационализация – усовершенствование, введение более совершенных технических или организационных решений, которые являются новыми и полезными для производственных предприятий, выпускающих данную продукцию. В отношении шумопоглощающих материалов и конструкций подразумевает усовершенствование, включающее введение более эффективных технических (конструктивных, технологических) решений, которые являются новыми и полезными для улучшения акустических качеств деталей, узлов, агрегатов или систем АТС.

Рациональность формы АТС – свойство АТС, характеризующее соответствие внешней формы его функционально-конструктивным свойствам, масштабности и учитывающее качество разработки лицевых поверхностей.

Распространение волноводное – распространение волн в упругих средах, ограниченных, по крайней мере, двумя звуконепроницаемыми стенками. В таком ограниченном пространстве волны расходятся только в двух измерениях и поэтому звуковые давления хотя и ослабляются при распространении, но медленнее, чем в неограниченной среде. Вместо убывания звукового давления по закону обратной пропорциональности расстоянию от источника излучения (соблюдаемого при свободном неограниченном сферическом излучении звука) в ограниченном слое имеет место обратная пропорциональность звукового давления корню квадратному из расстояния от источника излучения.

Релаксация – процесс постепенного перехода термодинамической системы из неравновесного состояния, вызванного внешними воздействиями, в равновесное, т. е. состояние, не изменяющееся во времени и не сопровождающееся преобразованием энергии.

Релаксация акустическая – внутренние процессы восстановления термодинамического равновесия среды, нарушаемого сжатиями и разрежениями в звуковой волне. Акустическая релаксация сопровождается поглощением звука.

Режим тепловой – температурное состояние технического объекта (машины, агрегата, узла), т. е. пространственно-временное распределение температуры в составных элементах технического объекта.

Режим работы ДВС – определенная совокупность параметров рабочего процесса, факторов внешней среды и внешней нагрузки, обеспечивающих ДВС определенные мощностные, экономические и экологические показатели.

Резонанс совпадений – это совпадение длины изгибной волны, распространяющейся по панели, с длиной волны следа падающей звуковой волны на эту панель.

Резонатор акустический – в АТС это автономные частотно-настроенные шумозаглушающие устройства, выполненные, например, в виде обособленных *глушителей шума* газодинамических потоков систем впуска и систем выпуска отработавших газов ДВС (реже – в системе вентиляции картера или системе подачи вторичного воздуха в трубопровод системы выпуска отработавших газов). Наибольшее распространение получили *резонаторы Гельмгольца* и *четвертьволновые резонаторы*.

Реверберация – физическое явление излучения, распространения, отражения и затухания звуковых волн, в результате которого после выключения источника

излучения звука имеют место (продолжаются) процессы распространения, отражения и затухания звука, протекающие некоторое время.

Рисайклинг (рециклирование) автомобиля – комплекс процессов и мероприятий, обеспечивающий повторное использование и вторичную переработку компонентов и материалов отслужившего свой жизненный цикл автомобиля [Директива 2000/53/ЕЭС].

Свойство – отличительная характеристика продукта, выражающая такую его сторону, которая обуславливает его отличие или общность с другим продуктом.

Слой армирующий – в двухслойных плосколистовых армированных вибродемпфирующих материалах это верхний составной ужесточающий слой фольги, препятствующий свободному деформационному перемещению поверхностных зон нижнего «рабочего» вязкоэластичного слоя и увеличивающий амплитуды его сдвиговых динамических деформаций в процессе изгибных колебаний панели (образованной, например, кузовной панелью со смонтированной на ней плосколистовой прокладкой из армированного вибродемпфирующего материала).

Связанные моды – колебательные (акустические) моды, оказывающие влияние друг на друга. Как правило, это моды с близкими значениями частот или кратными значениями частот.

Септум – плотный весовой звукоотражающий слой битуминированного материала, используемый в составе двухслойной плосколистовой или цельноформованной (сложной геометрической формы) звукоизоляционной структуры, сопряженный с пористым звукопоглощающим слоем (как правило, волокнистым, типа «порозо»).

Сорбент – твердое вещество или жидкость, применяемое для поглощения газов, паров и растворенных веществ (активный уголь, силикагель, оксид алюминия). Находят, в частности, применение для поглощения испарений топлива в системах питания ДВС АТС (активированный уголь, получаемый из кокосовых орехов).

Сила инерции КШМ ДВС – сила, генерируемая замещающей массой звеньев КШМ, совершающей возвратно-поступательное движение вдоль оси цилиндра и вращательное движение вокруг оси коленчатого вала, движущейся неравномерно с кинематическими параметрами поршня. Сила инерции КШМ ДВС уравнивается реакциями опор, на которые установлен ДВС. Вследствие того что указанная сила является переменной по величине и направлению, она может быть причиной внешней неуравновешенности ДВС. Чтобы исключить данную проблему, следует предусмотреть реализацию в конструкции ДВС компоновочно-конструктивных мероприятий по его уравниванию (включая при необходимости использование дополнительных механизмов уравнивания).

Сила диссипативная – противодействующая сила в динамической системе, характеризующая механические потери, в которой полная механическая энергия непрерывно уменьшается (рассеивается), переходя в другие формы энергии (например, в энергию хаотичного теплового движения).

Сила динамическая – переменная во времени внешняя сила (в отличие от *статической силы*), не зависящая от состояния системы.

Сила статическая – постоянная по величине (во времени), действующая на объект внешняя сила (нагрузка).

Сигнал – материальная форма информации для ее передачи, приема, преобразования, хранения и использования.

Система – совокупность взаимосвязанных технических объектов, объединенных единой целью и общим алгоритмом функционирования.

Система нелинейная – система, процессы в которой не могут быть исследованы в линейном математическом приближении (см. термин «искажения нелинейные»).

Система газодинамическая прямоточная – система, транспортирующая газовый поток (воздушный, отработавшие или картерные газы) в ДВС (системе впуска, выпуска отработавших газов, вентиляции картера, подачи вторичного воздуха, рециркуляции ДВС) при демонтированных штатных элементах из состава отмеченных систем (воздухоочистителе, глушителе, нейтрализаторе и т. д.). Демонтированные из состава систем элементы замещаются соответствующей длины гладкими трубопроводными вставками (с сохранением неизменной по отношению к штатной габаритной длины трассы прямоточной системы).

Система газообмена ДВС – технические устройства (модули, элементы) ДВС, обеспечивающие смену *рабочего тела* в цилиндрах при осуществлении процессов впуска и выпуска.

Скорость частиц колебательная – скорость, с которой по отношению к упругой среде распространения движутся частицы (бесконечно малые части среды), колеблющиеся около положения равновесия, при прохождении звуковой волны. При прохождении звуковых волн по среде распространения их колебательная скорость многократно ниже скорости звука в среде.

Случайный шум – шум сплошного спектра, вызываемый случайными колебаниями давления (скорости и т. п.).

Состояние вязкотекучее – одна из фаз физических состояний полимеров, при которых их механическое нагружение приводит к развитию в основном необратимых деформаций (вязкое течение). Способность переходить в вязкотекучее состояние имеет большое практическое значение при переработке пластмасс и резиновых смесей в изделия (экструзией, литьем под давлением и т. д.).

Состояние стеклообразное – состояние, в котором материал обладает физико-механическими свойствами твердого тела (не способен к текучести и высокоэластичной деформации, имеет малые значения коэффициента термического расширения и сжимаемости) при сохранении структурной неупорядоченности, присущей жидкому или высокоэластичному состоянию.

Соединения высокомолекулярные, полимеры – вещества, молекулярная масса которых лежит в пределах от нескольких тысяч до многих миллионов.

Соппротивление удельное акустическое Z – определяет передающие свойства среды применительно к звуковым волнам.

$$Z = \frac{p}{V} = \rho c,$$

где p – звуковое давление, Па; V – колебательная скорость, м/с; ρ – плотность, кг/м³; c – скорость звука, м/с.

Для воздуха при температуре +20° С и давлении 1013 гПа (760 мм рт. ст.) $Z = 415 \text{ Н} \times \text{с}/\text{м}^3$.

Для воды при температуре +20° С – $Z = 1,44 \text{ Н} \times \text{с}/\text{м}^3 = 1,44 \times 10^6 \text{ Н} \times \text{с}/\text{м}^3$.

Соппротивление излучения источника (r_{cu}) – величина, определяющаяся отношением силы реакции среды F , действующей на излучаемую акустическую волну поверхностью излучателя (источника), к скорости смещения этой поверхности ξ , т. е.

$$r_{cu} = F / \xi.$$

В случае если поле плоских бегущих волн создается колебаниями поршня, помещенного в конце бесконечной трубы, величина давления в пограничном слое

$$p = \rho c \xi,$$

где ρc – акустическое сопротивление среды в трубе.

Тогда сила реакции среды F на всю поверхность поршня S_n будет равна

$$F = p S_n = \rho c \xi S_n; \quad r_{cu} = \rho c S_n$$

Таким образом, сопротивление излучению r_{cu} равно волновому сопротивлению среды ρc , умноженному на площадь излучающей поверхности.

Субгармоника – колебание с частотой, равной основной частоте колебаний периодической волны, разделенное на целое число (кратное основной частоте).

Спектр колебаний – совокупность простых гармонических колебаний, на которые может быть разложено данное сложное колебательное движение.

Спектр звука – совокупность гармонических колебаний, на которые может быть разложен звуковой процесс. Для случайных процессов вводится понятие *энергетического спектра* звука, представляющего среднюю энергию или интенсивность, приходящуюся на заданный частотный интервал, и относимого к средней (среднегеометрической) частоте в этом интервале.

Среда анизотропная – среда, свойства которой в разных направлениях различны. Эти свойства определяются либо строением самой среды, либо внешним воздействием (так называемая искусственная анизотропия).

Среда изотропная – среда, свойства которой во всех направлениях одинаковы.

Среда упругая – среда, обладающая объемной упругостью, в которой возможно распространение акустических волн.

СКЗ – среднеквадратичное значение, отражающее количество энергии, содержащееся в линейных единицах в синусоидальном сигнале

$$A_{скз} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt},$$

где a – усредняемая величина; T – период колебаний, 1/с; t – промежуток времени измерения исследуемого параметра, с.

Теплообмен – процесс переноса тепловой энергии из одной зоны объекта в другую зону или в окружающую среду. Различают три вида теплообмена: теплопроводность, конвекцию и излучение. Обычно они существуют одновременно и в совокупности определяют тепловой режим объекта.

Температура стеклования – температура, при которой некристаллизующееся (или не успевающее закристаллизоваться) вещество становится твердым, т. е. переходит в стеклообразное состояние.

Температура размягчения – температура, при которой вещество переходит в пластичное состояние.

Температурное состояние узлов и агрегатов АТС (тепловой режим объекта) – состояние, характеризующее способность систем АТС к отводу избыточного тепла от его деталей, узлов и агрегатов и обеспечению температурного режима, необходимого для их эффективного и безотказного функционирования.

Термопласты – пластические массы, способные размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении. Наиболее распространены термопласты на основе полиолефинов, поливинилхлорида, полистирола.

Термоэластопласты, термопластичные эластомеры – полимеры, которые при обычных температурах обладают свойствами резин, а при повышенных – текучестью термопластов (уретановые, эластомеры, сополимеры бутадиена со стиролом).

Термоакустические экраны АТС – многофункциональные плосколистовые, цельноформованные, металлические или полимерные экранные элементы, преимущественно используемые на легковых автомобилях. Монтируются с внешней стороны пола кузова (в подднищевой зоне кузова) в местах прохождения трассы системы выпуска отработавших газов, в местах выраженного неплоского рельефа кузовных панелей, в местах крепления отдельных агрегатов автомобиля. Обеспечивают улучшенную термоизоляцию кузовных панелей (ослабляют термическое воздействие на полимерные

покрытия и обивки, смонтированные на кузовных панелях), повышают звукоизоляцию пространства пассажирского помещения от передачи шумового излучения из подднищевой зоны, снижают аэродинамическое сопротивление автомобиля, улучшают коррозионные свойства кузова.

Типизация – метод унификации, состоящий в разработке типовых решений для применения их при создании новых изделий, процессов или проведении соответствующих работ.

Тип транспортного средства – это группа транспортных средств с общими конструктивными признаками.

Токсичные вещества – вещества, оказывающие вредное влияние на организм человека и окружающую среду.

Точность средств измерения – свойство, характеризующее степень приближения показаний средств измерения к действительным значениям измеряемой величины.

Труба аэроклиматическая – гибридная комбинация аэродинамической трубы, динамометрического стенда, нагружающего объект исследований (АТС) заданными нагрузочными и скоростными режимами, а также многочисленных устройств имитации внешних климатических воздействий на объект исследования (температуры и влажности воздуха, температуры дорожного покрытия, солнечной радиации, атмосферных осадков типа дождя, снега и т. п.).

Труба аэроакустическая – гибридная комбинация аэродинамической трубы и элементов, минимизирующих шумовое генерирование и излучение направленного воздушного потока (применением соответствующих футеровок каналов, объемных поглотителей звука, интегрированных делителей потока, аэродинамических глушителей вентиляторного шума, конструкции вентиляторной установки с пониженным шумовым излучением и т. п.).

Требование – выражение в содержании нормативного документа (стандарта), предъявляющее критерии (параметры), которые необходимо выполнить в случае заявления о соответствии данному документу и отклонение от которых – недопустимо.

Узел – точка (линия, поверхность), в которой амплитуда той или иной величины (смещение, колебательная скорость, звуковое давление и т. п.), характеризующая данную стоячую волну, обращается в нуль или принимает минимальное значение.

Унификация – это относительное сокращение разнообразия элементов по сравнению с разнообразием систем, в которых они применяются. Элементами унификации могут быть устройства, процессы, а также их признаки (значения параметров или описания качеств признаков) либо совокупность этих признаков, рассматриваемых при решении задачи как неделимого целого.

Унификация конструктивная – приведение конструктивных решений машин, а также их составных элементов, выполняющих особые конструктивные функции, к технически обоснованному минимуму типов. В процессе унификации соблюдается принцип конструктивной преемственности. В новых изделиях максимально используют узлы и детали, уже применявшиеся в других конструкциях, с возможно большим числом одинаковых базовых и присоединительных размеров, обеспечивающих взаимозаменяемость и многократное применение.

Унификация размеров – приведение размеров деталей и узлов машин, выполняющих отдельные функции, к некоторому минимуму типоразмеров. Благодаря унификации достигается, как правило, сокращение расхода материалов и увеличение выпуска продукции, что особенно актуально для крупносерийного и массового производства.

Уплотнения – технические устройства (резиновые, резино-металлические узлы, полимерные мастики, ламинатные плосколистовые самоклеящиеся или термоактивные прокладки, вспенивающиеся полимерные материалы и т. п.), предотвращающие (эффективно ослабляющие) утечки или проникновения жидкостей и газов (воздуха), с сообщением им возможного исключения (ослабления) сопутствующей передачи звуковой энергии через образующиеся зазоры, щели, незакрытые технологические, функционально-коммуникационные отверстия, незакрытые окна или пустотелые коробчатые элементы силовых каркасов. Типы уплотнений подразделяются на уплотнения подвижного контакта, обеспечивающие герметичность между подвижными и неподвижными деталями, неподвижного контакта и бесконтактные (лабиринтные).

Упругость – свойство тела восстанавливать свою форму и объем (твердые тела) либо только объем (жидкие и газообразные тела) после прекращения действия внешних сил или других причин (например, нагревания), вызывающих деформацию тела. Тело, обладающее этим свойством, называется упругим. В области упругих деформаций тел справедлив закон Гука.

Уровень звука (уровень шума) L_p (A, B, C, D) – двадцатикратный логарифм отношения воспринимаемого (регистрируемого) звукового давления p к нормированному (стандартизированному) пороговому значению, равному $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Н/м}^2$, замеренный с применением корректирующей характеристики A (B, C, D) шумомера:

$$L_{P(A, B, C, D)} = 20 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right), \text{ дБ(A, B, C, D)}.$$

Уровень звуковой мощности – полная звуковая энергия, излучаемая источником за 1 с, выраженная в дБ (см. термин «децибел»).

Уровень шума эквивалентный – уровень постоянного шума, который в данной ситуации и в данный период времени обладает той же энергией, что и переменный во времени шум.

Условия свободного поля – условия распространения звуковых волн, в которых отсутствуют какие-либо процессы отражения звука, а изменение уровней звукового давления составляет 6 дБ – при каждом удвоении расстояния от точечного сферического источника излучения звука (подчиняется *закону обратных квадратов*).

Установка лабораторно-стендовая «Оберст» – устройство, предназначенное для определения эффективности вибродемпфирования консольно закрепленных изгибно-колеблющихся образцов металлической пластины (например, размером $320 \times 20 \times 1$ мм) со смонтированным на её поверхности образцом исследуемого вибродемпфирующего материала по таким техническим параметрам, как «приведенный коэффициент потерь», «коэффициент внутренних потерь» и «комплексный модуль упругости» на изгиб при заданной температуре нагрева (охлаждения). См. термины «*приведенный коэффициент потерь*», «*коэффициент внутренних потерь*» и «*комплексный модуль упругости*».

Установка лабораторно-стендовая «Плита SAE» – устройство, предназначенное для оценок вибродемпфирующих характеристик плосколистовых вибродемпфирующих и плосколистовых звукоизолирующих материалов, свободно уложенных на жесткой колеблющейся плите, по регистрируемой величине скорости затухания колеблющейся плиты после момента прекращения процесса ее динамического возбуждения.

Установка лабораторно-стендовая «RTC-3» – устройство, предназначенное для исследования параметров колебаний (*подвижность* в исследуемых точках, *функция общей передачи*, *формы колебаний*) периметрически закрепленной крупногабаритной тонколистовой структуры со смонтированными на ней исследуемыми вибродемпфирующими и/или звукоизолирующими материалами. См. термины «*подвижность*», «*функция общей передачи*», «*форма колебаний*».

Утилизация – процесс потребления *отходов* с пользой, любое из совершённых действий, предусмотренных приложением II В к Директиве 75/442 ЕЭС.

Утилизация энергетическая – использование горючих отходов в качестве средства для выработки энергии путем непосредственного сжигания в сочетании с другими отходами и отдельно, но с регенерацией тепла.

Утилизация АТС – процесс потребления *отходов* АТС с пользой, комплекс процессов и мероприятий, осуществляемых после того, как завершившее свой жизненный цикл АТС передано в центр приема отслуживших АТС. Включает соответствующую технологическую *обработку* отслуживших компонентов и материалов АТС, их *повторное использование, вторичную переработку, энергетическую утилизацию*, сжигание, любое другое применение или уничтожение кроме размещения неиспользованных отходов на свалках.

Фактор направленности – отношение квадрата звукового давления, замеренного в произвольной точке сферы (полусферы), охватывающей на заданном расстоянии (радиусе) источник излучения, к квадрату звукового давления, усредненному по всем измерительным точкам, расположенным на измерительной поверхности указанной сферы (полусферы).

Фаза – аргумент функции, описывающей гармоническое колебание. При разности фаз, равной 0, колебания синфазны, равной π , – противофазны, равной $1/2\pi$, – находятся в квадратуре. В плоской бегущей волне колебательная скорость частиц и звуковое давление синфазны, в стоячей – находятся в квадратуре.

Форма колебаний – конфигурация совокупности характерных точек объекта, совершающих периодические колебания, в момент времени, когда не все отклонения этих точек от их средних положений равны нулю.

Фронт волновой – поверхности равных фаз, в любой точке которых в данный момент времени фазы одинаковы для звуковых волн, распространяющихся от источника излучения.

Функция передаточная – отношение исследуемого параметра колебательного движения упругой среды (твердой, жидкой, газообразной) к параметру силы, вызывающей это движение.

Функция общей передачи – характеризует степень преобразования (трансформации) подводимых динамических сигналов (динамических сил), возбуждающих исследуемую структуру кузова АТС, в виброакустические сигналы откликов (звуковых давлений, виброскоростей, виброускорений) структуры на подводимое силовое возбуждение.

Функция передаточная «сила-вибрация» – отношение уровней виброускорений, замеренных на поверхности структуры исследуемого объекта, к подводимой к объекту возбуждающей силе, замеренной на возбуждающем штоке динамического вибратора.

Функция передаточная «сила-шум» – отношение уровней звуковых давлений, замеренных вблизи поверхности исследуемой структуры объекта исследований, к возбуждающей структуру динамической силе, замеренной на штоке динамического вибратора.

Функция передачи колебательной системы – отношение отклика (спектра колебательной скорости) к вызвавшему его динамическому возбуждению (спектральной плотности силового импульса).

Функция передаточная обобщенная – отношение акустического отклика колебательной системы (спектра звукового давления) к вызывающему его динамическому возбуждению (спектральной плотности силового импульса).

Частица среды – любой мысленно выделяемый участок среды (игнорируя молекулярное строение вещества среды), малый по сравнению с расстоянием, на котором состояние среды изменяется существенным образом (например, по сравнению с длиной звуковой волны или по сравнению с толщиной вибрирующей пластины).

Частота колебаний (f) – число полных циклов колебаний за 1 секунду. Единицей частоты колебаний является *герц* (одно колебание за одну секунду).

Частота резонансная – частота, на которой имеет место явление резонанса.

Частота собственная – частота собственного (затухающего) колебания данной колебательной системы. Это частота, на которой система свободно колеблется после прекращения ее соответствующего динамического возбуждения.

Число волновое (k) – характеризует волновое движение, равно отношению *круговой частоты колебаний (ω)* к скорости распространения звуковых волн в упругой среде (c).

$$k = \omega / c.$$

Частота круговая (угловая) колебаний (ω) – частота колебаний, выраженная в рад/с:

$$\omega = 2\pi f.$$

Шум – неприятный, раздражающий, вредный для здоровья человека (и других живых организмов), нежелательный звук.

Шум белый – генерирование и распространение звуковой энергии, характеризующееся случайным распределением фаз, непрерывным спектром и постоянной спектральной плотностью в определенном диапазоне частот.

Шум розовый – шум, который обладает постоянной энергией в каждой октавной полосе. Каждая октавная полоса указывает на количество звуковой энергии, обратно пропорциональное значению частоты. С ростом среднегеометрических значений частоты каждой из октав и двукратного роста числа частот, входящих в состав такой октавной полосы, их амплитуды уменьшаются в два раза (т. е. уровень звуковой энергии уменьшается на 3 дБ).

Шум АТС внешний (наружный) – совокупность звуков различных частот и амплитуд, производимых механизмами и системами АТС при реализации в них рабочих процессов и возникающих сопутствующих динамических нагрузок, формирующих звуковое поле вне габаритных пределов внутреннего пространства пассажирского помещения (кабины), моторного отсека, багажного отделения, грузового отсека АТС, оказывающих негативное влияние на окружающую среду (селитебные территории).

Шум АТС внутренний – совокупность звуков различных частот и амплитуд, производимых механизмами и системами АТС при реализации в них рабочих процессов и возникающих сопутствующих динамических нагрузок, формирующих звуковое поле внутри обитаемого пространства пассажирского помещения (кабины) АТС, оказывающих негативное психофизиологическое шумовое воздействие на водителя и пассажиров.

Шум широкополосный – шум, энергия которого распределяется в широком диапазоне частот (более одной октавы).

Шумомер – прибор для объективного инструментального измерения уровней шума. Требования к характеристикам шумомера содержатся в международных рекомендациях МЭК и отражены в ГОСТ 17187-81.

Экранные элементы конструкций АТС – элементы, ограждающие локализованные зоны отдельных шумоактивных узлов и систем АТС от окружающей их среды. Используют не только для эффективного обеспечения функций шумопонижения, но и для попутного параллельного выполнения функций термоизоляции, декоративного дизайна, снижения аэродинамического сопротивления и т. д.

Экспертная оценка – определение качественных и/или количественных параметров объекта, не поддающихся непосредственному объективному измерению инструментальными средствами. Выполняется параллельно с инструментальными оценочными измерениями, проводится субъектами (экспертами) в виде устанавливаемых ими балльных оценок, основывается на статистической обработке оцениваемых характеристик либо на суждениях специально привлеченных для этой цели специалистов (технических экспертов).

Экологичность – качество объекта (материала, детали, узла, системы АТС) оказывать минимальное негативное воздействие на окружающую среду.

ЭПДМ (этиленпропилендиеновый мономер) – полимерный материал, используемый для изготовления плотного звукоотражающего слоя в составе многослойных звукоизолирующих материалов.

Эластомеры – полимеры и материалы на их основе, обладающие высокоэластичными свойствами в широком интервале температур, охватывающем практически всю область температур их эксплуатации. Типичные эластомеры – каучук натуральный, каучук синтетический, резина.

Эластомеры уретановые, полиуретановые – продукты взаимодействия ди- или полиизоцианатов с соединениями, содержащими не менее двух активных атомов водорода, например толуилنديизоцианата с диэтиленгликольадипинатом. Различают литые, вальцуемые (уретановые каучуки), термоэластопласты. Плотность уретановых эластомеров – 930...1260 кг/м³ (микропористых – 400...800 кг/м³), они превосходят все известные эластомеры по износостойкости, масло-, атмосферо- и радиационностойкости, газонепроницаемы, прочность на растяжение 20...60 МПа, относительное удлинение 400...800% (наполнитель – технический углерод). Из уретановых эластомеров изготавливают шины, уплотнительные детали (в том числе – для АТС), костюмы для защиты от радиации.

Эластичность – способность материала или изделия при сравнительно небольших приложенных внешних усилиях испытывать значительные упругие обратимые деформации без разрушения. Высокая эластичность присуща, например, резине и другим высокомолекулярным соединениям.

Эффективность системы – степень технической приспособленности данной системы к выполнению поставленной задачи.

Эффективность акустическая – указывает на конкретный шумопонижающий эффект от используемого того или иного конструктивного или технологического мероприятия (нового или модифицированного узла или системы АТС) при приемлемых остальных технических, экологических и стоимостных показателях.

Экструзия полимеров – технологический процесс переработки полимерных материалов (преимущественно термопластов и резиновых смесей), осуществляемый в экструдерах. Заключается в уплотнении и плавлении материала при его движении по каналу рабочего органа, профилировании и выдавливании расплава. При экструзии термопластов форма профиля фиксируется в результате охлаждения, при экструзии резиновых смесей – в результате вулканизации.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Методы исследований акустической эффективности структур акустических материалов и полномасштабных деталей автотранспортных средств	5
1.1. Методы исследований внутреннего шума	5
1.2. Методы исследований внешнего шума	11
1.3. Метод определения виброшумодемпфирующих свойств образцов конструкционных материалов и эффективности ламинатных виброшумодемпфирующих покрытий	14
1.4. Метод стендовых виброакустических исследований крупногабаритных тонколистовых структур панелей кузова	17
1.5. Метод исследования термонагруженности виброшумодемпфированных кузовных панелей	18
2. Аналитический обзор вязкоэластичных виброшумодемпфирующих материалов, применяемых в конструкциях деталей АТС	21
3. Результаты ранжирования плосколистовых виброшумодемпфирующих материалов	25
4. Исследование эксплуатационной температурной нагруженности панелей кузова АТС и рационализация типов и марок применяемых виброшумодемпфирующих материалов	28
5. Результаты экспериментальных исследований структурированных типов виброшумодемпфирующих материалов	38
5.1. Расчетно-экспериментальные исследования виброакустических характеристик перфорированных вязкоэластичных структур виброшумодемпфирующих покрытий	38
5.2. Исследование виброакустической эффективности структурированных узкополосных виброшумодемпфирующих покрытий	51
6. Разработка концепций многослойных виброшумодемпфированных композитных структур с заземленным концевым участком армирующего слоя	55
7. Разработка концепций многослойных виброшумодемпфирующих композитных структур с отличающимися температурозависимыми вязкоэластичными слоями мозаичного типа	58
8. Разработка концептуальных схем многослойных композитных виброшумодемпфированных структур корпусных элементов отопительно-вентиляционных систем АТС	62
9. Разработка концепций слоистых виброшумодемпфированных структур панелей кабины водителя и/или пассажирского помещения кузова АТС	67
10. Основные технические направления повышения виброшумодемпфирующих свойств материалов и разработок эффективных шумопоглощающих элементов конструкций машин	72
11. Примеры технических решений, обеспечивающих повышение виброшумодемпфирующих свойств материалов и эффективность шумопоглощающих элементов конструкций машин	77

12. Контрольные вопросы по курсу «Промышленная акустика»	126
13. Примеры ответов на контрольные вопросы	130
14. Перечень технических решений (выполненных на уровне изобретений и полезных моделей), предусматривающих использование виброшумодемпфирующих материалов и конструкций, направленных на уменьшение шумового излучения технических объектов	133
Библиографический список	137
Глоссарий	140

Учебное издание

Фесина Михаил Ильич
Краснов Александр Валентинович
Горина Лариса Николаевна

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ
ПОВЫШЕНИЯ ВИБРОШУМОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Учебно-методическое пособие

Редактор *Г.В. Данилова*
Технический редактор *Э.М. Малявина*
Компьютерная верстка: *И.И. Шишкина*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 03.12.2012. Формат 84×108/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 18,16.
Тираж 100 экз. Заказ № 1-77-11.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

