



(51) МПК
G10K 11/00 (2006.01)
E04B 1/84 (2006.01)
G10K 11/02 (2006.01)
G10K 11/16 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G10K 11/00 (2020.01); E04B 1/84 (2020.01); G10K 11/02 (2020.01); G10K 11/16 (2020.01)

(21)(22) Заявка: 2019110668, 09.04.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 09.04.2019

Дата регистрации:
 05.03.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.04.2019

(45) Опубликовано: 05.03.2020 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул.
 Белорусская, 14, ТГУ, ОИС, Правовое
 управление

(72) Автор(ы):

Фесина Михаил Ильич (RU),
 Дерябин Игорь Викторович (RU),
 Горина Лариса Николаевна (RU),
 Краснов Александр Валентинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Тольяттинский
 государственный университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2639759 C2, 22.12.2017. RU
 2442706 C1, 20.02.2012. SU 920141 A1, 15.04.1982.
 RU 2579104 C2, 27.03.2016. CN 105845121 A,
 10.08.2016. EP 3070218 A1, 21.09.2016. JP
 2005017936 A, 20.01.2005.

(54) Низкошумное техническое помещение

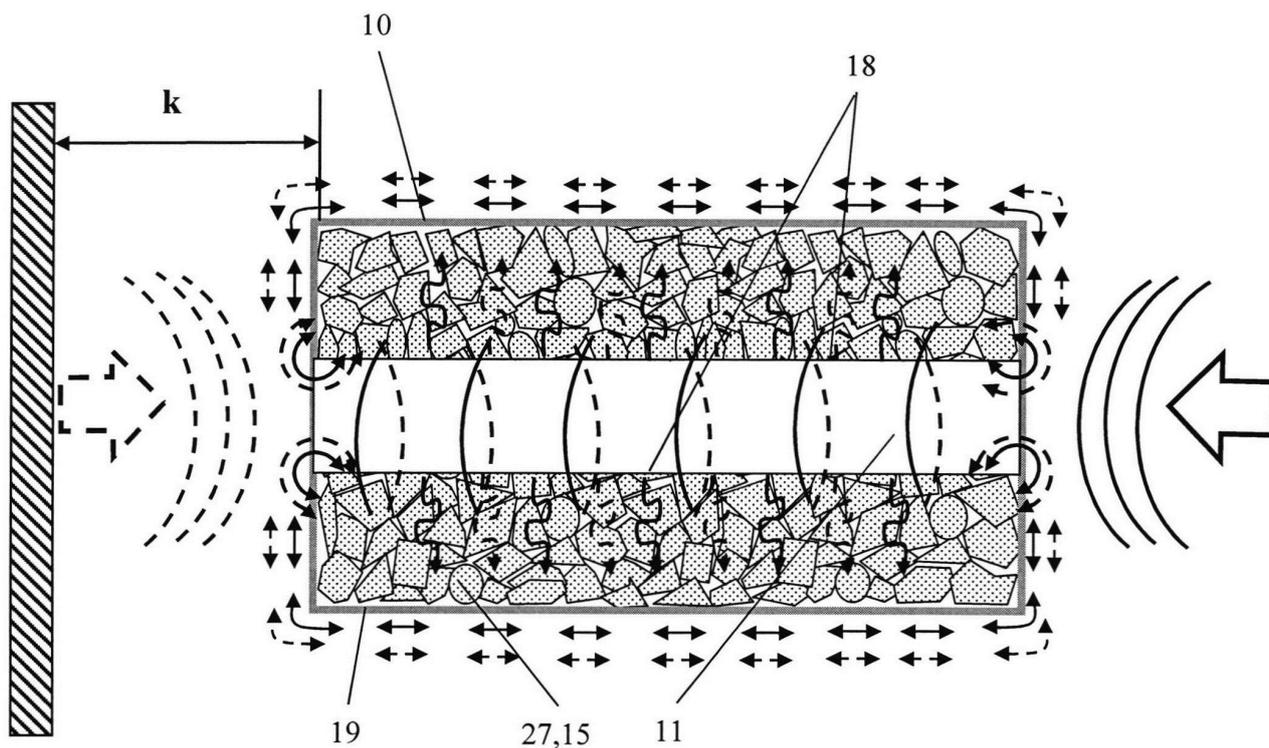
(57) Реферат:

Техническое устройство представлено в виде низкошумного технического помещения, оборудованного монтируемыми с воздушными зазорами между противоположными торцевыми гранями (γ) и относительно оппозитных монтажных поверхностей стеновых и потолочных ограждающих конструкций (к) технического помещения, обособленными цельноформованными комбинированными звукопоглощающими панелями, составленными из пористой воздухопродуваемой звукопоглощающей структуры вещества, облицованного звукопрозрачным слоем материала. Внутренние поверхностные облицовочные звукопрозрачные оболочки обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей образуют сквозные перепускные дифракционно-диссипативные каналы, сообщающие лицевые и тыльные поверхности несущих внешних поверхностных облицовочных звукопрозрачных

оболочек и внешних поверхностных защитных облицовочных звукопрозрачных слоев материалов, при этом диаметры сквозных перепускных дифракционно-диссипативных каналов d удовлетворяют соотношению: $d = (0,5 \dots 0,8)t$, где t - габаритная толщина торцевых граней обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей; k - дистанционный воздушный зазор, образуемый между тыльной поверхностью смонтированной обособленной цельноформованной комбинированной звукопоглощающей панели и оппозитно расположенной к ней противоположной поверхностью стены или потолка технического помещения; γ - дистанционный воздушный зазор, образуемый между оппозитно противоположными поверхностями торцевых граней смонтированных обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей. Техническое устройство низкошумного технического помещения наделено

широкополосным по частотному составу эффектом звукопоглощения, обусловленным использованием пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих структур конструктивных

материалов с интегрированием в их структурный состав сквозных перепускных дифракционно-диссипативных каналов. 17 ил.



ФИГ. 9

RU 2716043 C1

RU 2716043 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G10K 11/00 (2006.01)
E04B 1/84 (2006.01)
G10K 11/02 (2006.01)
G10K 11/16 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G10K 11/00 (2020.01); E04B 1/84 (2020.01); G10K 11/02 (2020.01); G10K 11/16 (2020.01)

(21)(22) Application: **2019110668, 09.04.2019**

(24) Effective date for property rights:
09.04.2019

Registration date:
05.03.2020

Priority:

(22) Date of filing: **09.04.2019**

(45) Date of publication: **05.03.2020** Bull. № 7

Mail address:

**445020, Samarskaya obl., g. Tolyatti, ul.
Belorusskaya, 14, TGU, OIS, Pravovoe upravlenie**

(72) Inventor(s):

**Fesina Mikhail Ilich (RU),
Deryabin Igor Viktorovich (RU),
Gorina Larisa Nikolaevna (RU),
Krasnov Aleksandr Valentinovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Tolyattinskij gosudarstvennyj
universitet" (RU)**

(54) **LOW-NOISE TECHNICAL ROOM**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: technical device is presented in the form of low-noise technical room equipped with mounted with air gaps between opposite end faces (γ) and relatively opposite mounting surfaces of wall and ceiling enclosing structures (k) of technical room, separated by integral moulded composite sound-absorbing panels made of porous air-sound absorbing structure of substance lined with sound-transparent layer of material. Inner surface facing sound-insulating shells of separate shaped-piece combined sound-absorbing panels form through bypass diffraction-dissipative channels, communicating face and rear surfaces of bearing outer surface facing sound-transparent shells and external surface protective facing sound-transparent layers of materials, at that diameters of through bypass diffraction-dissipative channels d satisfy relationship:

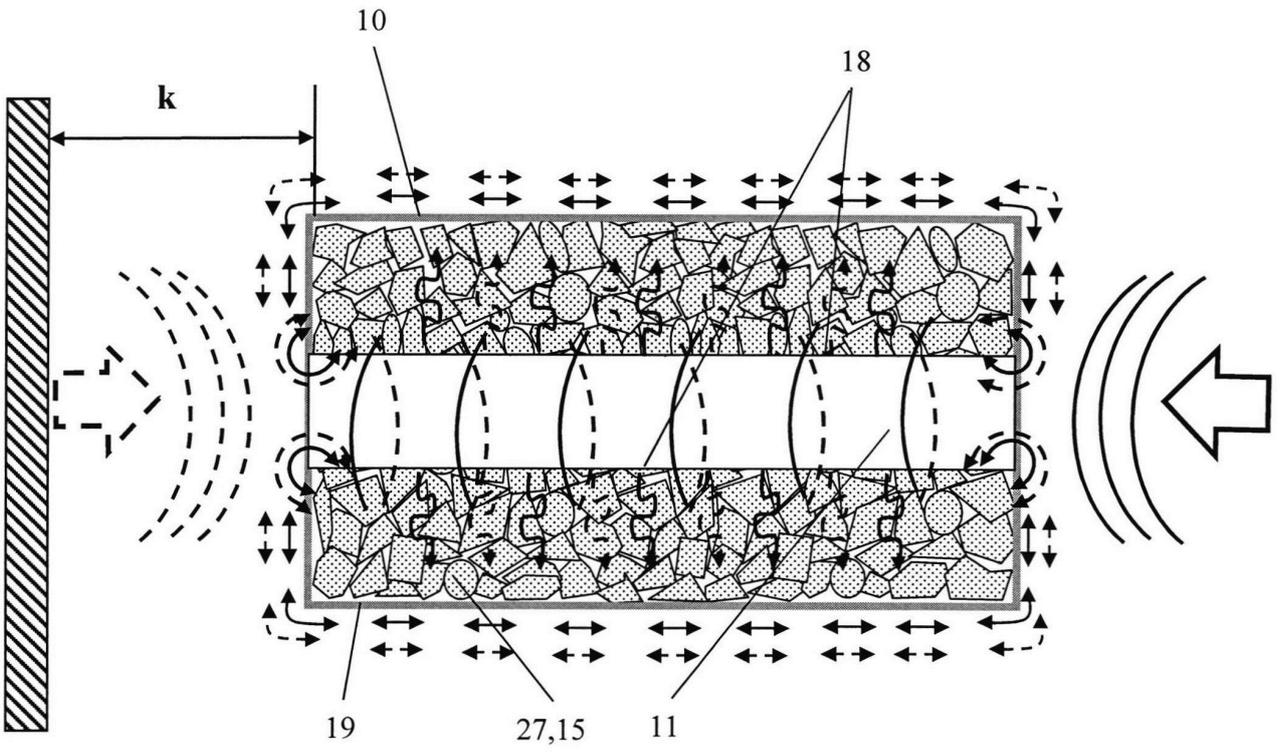
$d = (0.5...0.8)t$, where t is overall thickness of end faces of separate shaped-piece combined sound-absorbing panels; k is a remote air gap formed between the back surface of the mounted detached unitary composite sound-absorbing panel and the opposite wall or ceiling of the technical room; γ - remote air gap formed between opposite surfaces of end faces of mounted isolated solid-moulded combined sound-absorbing panels.

EFFECT: technical device of low-noise technical room is endowed with broadband frequency composition sound absorption due to use of porous air-permeable sound-absorbing structures of structural materials with integration into their structural composition of through bypass diffraction-dissipative channels.

1 cl, 17 dwg

RU 2 716 043 C1

RU 2 716 043 C1



ФИГ. 9

RU 2716043 C1

RU 2716043 C1

Изобретение относится к области технических средств обеспечения акустической безопасности окружающей среды за счет подавления (уменьшения) негативных (паразитных) шумовых излучений, производимых производственно-технологическим и инженерно-техническим оборудованием, представленным, в частности, насосной, компрессорной станциями, энергетическими установками (двигателями внутреннего сгорания, дизель-генераторными установками), системами вентиляции и кондиционирования воздуха, электрическими машинами (электродвигателями, электротрансформаторами), смонтированным внутри шумогенерирующих (шумоактивных) технических помещений (строительных зданий). Также оно может быть использовано для улучшения акустической комфортабельности в пространственных зонах прилегающих жилых, производственных и общественных помещениях зданий и сооружений, интегрированных (сопредельных, близкорасположенных) с указанными шумогенерирующими техническими помещениями (строительными зданиями).

Известно, что для защиты окружающей среды от интенсивного акустического загрязнения (высоких уровней шума), производимого разнообразными видами шумогенерирующих технических объектов, широкое распространение находят различного типа звукоизолирующие (шумоизолирующие) ограждения зашумленных технических помещений (экраны перегородки, кожухи, панельные футеровки несущих и/или корпусных конструкций), оборудованные смонтированными на их поверхностях дополнительными слоями вязкоэластичных виброзвукодемпфирующих, и/или пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих, и/или плотных воздухо непродуваемых звукоизолирующих материалов, и/или их разнообразными сочетающимися комбинациями, с дополнительным включением несущих, армирующих, звукопрозрачных, защитных, адгезионных, декоративных слоев материалов или соответствующих конструктивных элементов. Также, для этих же целей могут применяться обособленные единичные или сблокированные, представленные в виде шумозаглушающих агрегированных модульных батарей, составленных из разнообразных типов акустических резонаторов - четвертьволновых (R^I), полуволновых (R^{II}), Гельмгольца (R^{III}). Могут использоваться также содержащиеся в составе технических помещений присоединенные к волноводным звукопередающим каналам (проемам) соответствующего вида объемные расширительные камеры, заграждающие (ослабляющие) передачу акустической энергии за счет образованных в них звукоотражающих воздушных (газонаполненных) «акустических пробок», характеризующихся резкими изменениями (резкими перепадами) волновых акустических сопротивлений. В подавляющем большинстве случаев, применяются те или иные разнообразные комбинированные сочетания перечисленных выше типов шумозаглушающих (шумопонижающих) технических приемов в виде способов и технических устройств по их осуществлению, а их конкретный выбор предопределяется как техническими, так и безопасностными, экологическими и экономическими факторами. Использование такого разнообразного типа шумозаглушающих технических приемов (способов), технических устройств и веществ (материалов) по их осуществлению, позволяет в той или иной мере обеспечить акустически безопасную шумокомфортную среду обитания для людей и животных. В частности, широкое распространение находят различного типа гибридные шумопонижающие конструкции, использующие комбинированную реализацию физических процессов звукопоглощения и звукоизоляции, когда суммарный шумопонижающий эффект используемого технического устройства может базироваться как на эффектах отражения звуковой

энергии, так и на комбинированном сочетании эффектов звукопоглощения и звукоотражения. Шумозаглушающие устройства могут, в том числе, не содержать в своем составе пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих или
 5 воздухо непродуваемых звукоизоляционных структур материалов, а возникающие при этом эффекты шумоглушения являются узкополосными и могут реализовываться исключительно функционированием индивидуальных частотно настроенных
 акустических резонаторных элементов (четвертьволновых R^I , полуволновых R^{II} , Гельмгольца R^{III}), включая широко распространенное применение их использования
 10 в виде перфорированных пластинчатых структур, располагаемых с заданным воздушным зазором относительно жестких звукоотражающих поверхностей, с образованием соответствующих полостных резонаторных устройств (акустических резонаторов Гельмгольца R^{III}). Такого типа полостные резонаторные
 звукозаглушающие устройства могут быть как пустотелыми, так и, в отдельных случаях,
 15 частично заполненными пористым звукопоглощающим веществом.

В качестве известных примеров использования технических устройств глушения акустической энергии, функционирующих по отмеченным выше физическим принципам, могут быть указаны, в частности, различного типа панельно-полостные
 звукозаглушающие (шумопонижающие) конструкции:

- 20 - международная заявка на изобретение WO 2009/131855 A2 (опубликована 29.10.2009 г.);
- международная заявка на изобретение WO 2008/138840 A1 (опубликована 20.11.2008 г.);
- международная заявка на изобретение WO 2009/037765 A1 (опубликована 20.09.2007
 25 г.);
- патент Германии на изобретение DE 4315759 (опубликован 11.05.1993 г.);
- международная заявка на изобретение WO 2006056351 (опубликована 06.01.2006 г.);
- патент РФ на изобретение RU 2206458 (опубликован 20.06.2003 г.);
- 30 - патент Франции на изобретение FR 2910685 (опубликован 27.06.2008 г.);
- заявка Японии на изобретение JP 2008-96826 A (опубликована 13.10.2006 г.);
- заявка Японии на изобретение JP 2007-186186 (опубликована 26.07.2007 г.);
- патент РФ на полезную модель RU 61353 (опубликован 27.02.2007 г.);
- патент РФ на полезную модель RU 67650 (опубликован 27.10.2007 г.).

35 К выраженным полезным преимуществам использования указанных выше частотонастроенных технических устройств глушения акустической энергии следует отнести возможность их применения, в том числе, и в условиях воздействия агрессивных сред, высоких температур и интенсивных динамических нагрузок, вследствие
 40 вынужденного исключения использования в их структурном составе пористых воздухопродуваемых (газопродуваемых) волокнистых и/или вспененных открытоячеистых структур органического или синтетического происхождения характеризующихся, как правило, недостаточно высокими термо-влаго-биостойкими характеристиками. В этих случаях, в их составе применяются исключительно плотные
 структуры перфорированных металлических или термостойких полимерных материалов,
 45 образующие полостные резонаторные элементы, с возможным включением, в отдельных случаях, термостойких пористых волокнистых (базальтовых, стеклянных, металлических), и/или вспененных открытоячеистых металлических, и/или керамических материалов. В то же время, к отрицательным техническим характеристикам такого

типа шумозаглушающих устройств следует отнести их узкий рабочий частотный звуковой диапазон эффективного функционирования, высокую чувствительность к частотной расстройке и потерю звукозаглушающего эффекта при соответствующем эксплуатационном изменении физических параметров среды распространения звуковых волн, при недостаточно высоком значении достижения эффекта шумозаглушения в необходимом, в большинстве случаев, широком звуковом частотном диапазоне, высокую стоимость, неудовлетворительные габаритные показатели и повышенную материалоемкость. На современном уровне развития техники указанные негативные факторы могут ограничивать их широкое распространение в эффективном решении актуальных практических задач подавления энергии паразитных акустических излучений, производимых различными шумогенерирующими техническими объектами.

Соответственно, известны и широко распространены панельно-полостные шумопоглощающие конструкции, образованные полости которых полностью или частично заполнены пористым воздухопродуваемым звукопоглощающим веществом волокнистого и/или открытоячеистого вспененного типа (органического, минерального, синтетического происхождения), характеризующимся более высокими звукопоглощающими (шумопоглощающими) характеристиками, однако являющимися достаточно эффективными только в ограниченной области средних и высоких частотах звукового диапазона (свыше 500 Гц). В такого типа известных шумопоглощающих конструкциях используется передняя (лицевая) стенка акустической панели, как правило, выполнена перфорированной и характеризуется достаточно высоким значением коэффициента перфорации, превышающим, как правило, значение 0,2. Этим сообщается ей свойства приемлемой звукопрозрачности и обеспечивается, по-сути, беспрепятственное (с несущественным, не превышающим 10% эффект звукоотражения) прохождение звуковых волн в полость акустической панели, заполненную пористым звукопоглощающим материалом. Сквозные, преимущественно круглые отверстия или узкие щелевые просечки с отгибами, - наиболее распространенный вид перфорации такого типа лицевой стенки акустической панели. В качестве примеров такого типа известных шумопоглощающих технических устройств следует отметить:

- патент Франции на изобретение FR 2899919 (опубликован 19.10.2007);
- патент Франции на изобретение FR 2899992 (опубликован 19.10.2007);
- патент США на изобретение US 3991848 (опубликован 16.09.1974);
- патент США на изобретение US 5422466 (опубликован 11.03.1994);
- патент Японии на изобретение JP 11104898 (опубликован 20.04.1999);
- международная заявка на изобретение WO 2007/017317 (опубликована 15.02.2007);
- патент Японии на изобретение JP 62165043 (опубликован 21.07.1987);
- заявка Германии на изобретение DE 4332856 (опубликована 27.09.1993);
- Европейский патент на изобретение EP 1477302 A1 (опубликован 17.11.2004);
- заявка Японии на изобретение JP 2000034937 (опубликована 02.02.2000);
- заявка Германии на изобретение DE 202004018241 (опубликована 24.11.2004);
- патент Великобритании на изобретение GB 1579897 (опубликован 03.06.1976);
- патент Германии на изобретение DE 4332845 A1 (опубликован 27.09.1993);
- Европейский патент на изобретение EP 0697051 B1 (опубликован 20.04.1994);
- международная заявка на изобретение WO 2004/013427 A1 (опубликована 12.02.2004);
- патент РФ на изобретение RU 2042547 (опубликован 27.08.1995).

Приведенные выше известные шумопоглощающие технические устройства, наряду с достигаемыми удовлетворительными акустическими характеристиками, реализующимися в области средних и высоких частот звукового диапазона, тем не менее характеризуются

определенной потерей потенциальных шумозаглушающих свойств, вследствие образования скачкообразного изменения (перепада) волнового акустического сопротивления на плоской разделительной границе размежевания (раздела) упругих слоистых сред распространения звуковых волн в рассматриваемой зоне воздушной среды, примыкающей к твердой плосколистовой слоистой структуре, с отличающимися значениями волновых акустических сопротивлений, в составе примыкающей воздушной среды, как в виде твердотелой плоской стенки перфорированной лицевой панели, так и плосколистовой структуры пористого звукопоглощающего вещества, находящегося в полости акустической панели. Это вызывает не только соответствующую потенциальную потерю звукопоглощающего эффекта, но и содержащиеся отверстия перфорации, распределенные по всей твердотелой поверхности плоской передней лицевой стенки акустической панели, вызывают также и определенную потерю звукоизолирующих (из-за снижения звукоотражающих) свойств образованной многослойной структуры стеновой перегородки в целом.

Для повышения шумопонижающих свойств подобного вида акустических конструкций, путем обеспечения более плавного (а не резкого скачкообразного) согласования волновых акустических сопротивлений на путях распространения звуковых волн, в граничных зонах разделения упругой воздушной среды распространения звуковых волн, включающих сопредельные граничные зоны контактирования внешней твердооболочковой поверхности лицевой акустической панели технического устройства с внешней и с внутренней полостной зонами примыкания воздушной среды, контурам внешней оболочки (стенки) лицевой акустической панели придается «согласующая» неплоская гофровидная геометрическая форма (клинообразная, волнообразная, кулисообразная), как это, в частности, представлено в следующих известных технических устройствах:

- патенте РФ на изобретение RU 2249258 (опубликован 27.09.2004);
- патенте США на изобретение US 4097633 (опубликован 27.06.1978);
- заявке Германии на изобретение DE 4237513 (опубликована 07.11.1992);
- заявке США на изобретение US 2003207086 (опубликована 11.06.2003);
- Европейском патенте на изобретение EP 0253376 A2 (опубликован 20.01.1988);
- патенте РФ на изобретение RU 2161825 (опубликован 10.01.2001);
- заявке Австралии на изобретение AU 2007100636 (опубликована 16.08.2007).

Вышеприведенные шумопонижающие конструкции технических устройств характеризуются, в первую очередь, существенным усложнением их технологического исполнения и относительно высокой стоимостью, при реализуемой недостаточно высокой звукоизолирующей способности (из-за наличия выделяющихся чередующихся кратных «звукоизолирующих провалов» в отдельных звуковых частотных диапазонах характеристики заглушения звуковой энергии, вследствие образования возбуждаемых собственных «паразитных» полостных воздушных акустических резонансов), а также возникающим вынужденным сопутствующим сокращением («вытеснением») применяемыми крупногабаритными шумопонижающими конструкциями полезного пространственного рабочего объема технического помещения, усложнением процессов их эксплуатационного обслуживания (очистки, мойки).

Еще одним известным техническим направлением совершенствования конструкций технических устройств ослабления распространения негативной («паразитной») звуковой энергии, генерируемой виброшумоактивными техническими объектами, смонтированными в технических помещениях, связанным с необходимостью увеличения доли поглощенной звуковой энергии, является выполнение в передней лицевой панели

технического устройства, непосредственно воспринимающей прямые падающие звуковые волны, отверстий перфорации с заданными узкими технологическими допусками исполнения геометрических форм и их определенных габаритных размеров. Такого типа шумопонижающие технические устройства известны из следующих

5 патентных документов:

- патента Германии на изобретение DE 4315759 C1 (опубликован 11.05.1993);
- патента США на изобретение US 6194052 B1 (опубликован 20.06.1998);
- Европейского патента на изобретение EP 1146178 A2 (опубликован 15.03.2001);
- Европейского патента на изобретение EP 1950357 A1 (опубликован 30.07.2000);
- 10 - заявки США на изобретение US 2007/0272472 A1 (опубликована 29.11.2007);
- международной заявки на изобретение WO 2006/101403 A1 (опубликована 28.09.2006);
- заявки США на изобретение US 2007/0151800 A1 (опубликована 05.06.2007).

Указанные шумопонижающие технические устройства могут характеризоваться

15 улучшенными эксплуатационными и декоративными (улучшенным внешним дизайном) свойствами. Однако, их шумопонижающие свойства являются, тем не менее, недостаточно высокими ввиду используемого ограниченного потенциала дополнительного улучшения эффективности конструктивной модификации технического устройства, базирующейся исключительно на рационализации геометрических форм и

20 габаритных размеров отверстий перфорации. Также их производство связано с необходимостью применения более сложного и дорогостоящего высокотехнологического оборудования, обеспечивающего соблюдение такого типа узких технологических допусков на изготовление.

Известны шумопонижающие технические устройства, выполненные в виде составных

25 узловых (модульных) звукоизолирующих ограждений, конструктивные элементы которых комбинировано сочетают в себе несколько технических приемов (реализуемых нескольких физических эффектов поглощения звуковой энергии), позаимствованных из рассмотренных выше группировок известных технических устройств, позволяющие в той или иной степени (и, соответственно, в том или ином звуковом частотном

30 диапазоне, с тем или иным достигаемым положительным шумозаглушающим эффектом) целенаправленно дополнительно улучшать их акустические свойства. Такого типа комбинированные гибридные шумопонижающие технические устройства описаны в следующих патентных документах:

- патенте РФ на изобретение RU 2295089 (опубликован 10.03.2007);
- 35 - патенте Франции на изобретение FR 2929749 (опубликован 09.10.2009);
- патенте Великобритании на изобретение GB 822954 (опубликован 04.11.1959);
- патенте РФ на изобретение RU 2340478 (опубликован 10.12.2008);
- заявке Японии на изобретение JP 2002175083 (опубликована 21.06.2002).

Недостатками представленных выше шумопонижающих технических устройств

40 является их более высокая конструктивная сложность и технологическая трудоемкость изготовления, при достигаемых в ряде случаев недостаточно высоких (хотя и удовлетворяющих требованиям технического задания на проектирование) экологических и стоимостных показателях. В особенности, это относится к реализуемым потенциалам дополнительного улучшения их шумозаглушающих характеристик в выраженном

45 низкочастотном диапазоне звуковых частот, являющимся наиболее интенсивным и наиболее актуальным в решении типичных проблем уменьшения паразитного шума машин и оборудования.

Известно техническое решение по патенту РФ на изобретение №2465390,

опубликованном 20.01.2011, в котором описана конструкция звукоизолирующего ограждения, выполненного в виде автономного шумопонижающего экрана, содержащего в своем составе несущие элементы типа поперечных стоек и продольных профилей, а также соответствующего типа шумопоглощающий элемент, расположенный в полости с заданным воздушным зазором между тыльной звукоотражающей панелью и перфорированной сквозными отверстиями лицевой звукопрозрачной панелью. При этом указанный шумопоглощающий элемент содержит несущую основу листового перфорированного или сетчатого типа, закрепленную механическими крепежными элементами к горизонтальным профилям и/или основанию шумопонижающего экрана, футерованную, по крайней мере, с одной из ее сторон, обособленными звукопоглощающими панелями, представляющими совокупность дробленых фрагментов пористых волокнистых или вспененных открытоячеистых звукопоглощающих материалов, которые определенным образом распределены и неподвижно закреплены на поверхности несущей основы, с образованием соответствующих воздушных зазоров между ними. По крайней мере, со стороны размещения обособленных звукопоглощающих панелей, поверхность шумопоглощающего элемента футерована слоем звукопрозрачной газонепроницаемой пленки или ткани. Недостатком анализируемого известного технического решения является ограниченная возможность его эффективного использования, осуществляемого не внутри замкнутых ограниченных объемов технических помещений, а преимущественно на открытых пространствах окружающей среды для обеспечения защиты селитебных территорий населенных пунктов от воздействующего негативного акустического излучения, распространяющегося со стороны шумогенерирующих технических объектов - транспортных средств и промышленного оборудования, устанавливаемых вблизи автомобильных и железных дорог, аэродромов, открытых участков линий метрополитена, испытательных полигонов, шумоактивных строительных и производственных площадок, или каких-либо других пространственно распределенных источников повышенного шумового излучения, производящих интенсивное акустическое загрязнение окружающей среды. Это обуславливает, в частности, необходимость использования в составе такого типа звукоизолирующего ограждения дополнительных несущих и опорных элементов (автономного фундамента, опорного основания, поперечных стоек и продольных профилей), что существенно усложняет проблему использования указанной шумопонижающей конструкции, приводит к увеличению ее весо-габаритных параметров и стоимости. Одновременно с этим, применение несущей основы в виде плосколистовой геометрической формы, закрепляемой в вертикальном положении на горизонтальных профилях или основании, усложняет технологический процесс последующего размещения обособленных звукопоглощающих панелей, а также затрудняет выполнение звукоизолирующего ограждения сложной пространственной геометрической формы. Ограниченный выбор габаритных размеров и геометрических форм, физико-механических параметров, при необходимости соблюдения заданных величин воздушных зазоров между отдельными образцами дробленных фрагментов обособленных звукопоглощающих панелей, предопределяет недостаточно эффективное поглощение звуковой энергии, реализующееся в условиях диффузного звукового поля закрытых помещений и отмечается в зауженном рабочем звуковом частотном диапазоне, характерном только для пространственно распределенных локальных излучателей звуковой энергии в условиях свободного звукового поля открытых пространств типа движущихся на открытых пространствах потоков автотранспортных средств (легковых и грузовых автомобилей, автобусов) или средств железнодорожного транспорта.

Использование такого типа конструкции звукоизолирующего ограждения, выполняемого в виде автономного шумопонижающего экрана (нескольких составных конструкций, для последующего размещения внутри технического помещения, вблизи его ограждающих стеновых и потолочных конструкций), существенно уменьшит (дополнительно загроздит) его полезное рабочее пространство, ухудшит процесс технологического обслуживания смонтированного в нем производственно-технологического и инженерно-технического оборудования.

Также известным и используемым в архитектурной акустике помещений техническим приемом частичного исключения (частичного ослабления) развития в них физического процесса формирующихся выраженных полуволновых акустических резонансов образующихся упругих тел воздушных объемов, представленных внутренними трехмерными воздушными полостями помещений, ухудшающих их акустические качества, является непосредственное применение оригинального по конструктивному исполнению технического помещения, представленного в виде соответствующего измерительного исследовательского акустического инструментария, выполненного в виде измерительной реверберационной камеры, как это описано, в частности в [1, 2, 3]:

[1] - ASTM с 423-02a. Standart Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method. American Society for Testing and Materials International. - West Conshohocken. - 2002. - 11p.;

[2] - ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:199) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер».

[3] - ГОСТ 31704-2011 (ISO 354:2003) «Материалы звукопоглощающие. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере».

Габаритные размеры и геометрические формы такого типа измерительной реверберационной камеры, соотношения ее составных габаритных размеров и реализующиеся физические характеристики ее стеновых конструкций позволяют в определенной степени исключать (частично ослаблять) развитие физического процесса формирования синфазного резонансного сложения акустической энергии на полудлинах звуковых волн ($\lambda/2$) и кратных им звуковым гармоникам, возбуждаемых внутри замкнутой пространственной воздушной полости измерительной реверберационной камеры помещенным в ней исследуемым шумогенерирующим источником звука (или установленным калиброванным звуковым излучателем), предотвращая тем самым образование энергетического усиления звука на выраженных резонирующих собственных акустических модах воздушного объема помещения измерительной реверберационной камеры. Это позволяет из состава формирующегося диффузного (реверберационного) акустического поля внутренней пространственной воздушной полости такого типа технического помещения частично исключать (ослаблять) развитие физического процесса формирования выраженной неравномерной пространственной плотности распределения интенсивности звуковой энергии, локализирующейся в замкнутой пространственной воздушной полости измерительной реверберационной камеры. Такого типа измерительные реверберационные камеры имеют ограниченное применение и используются преимущественно в области проведения специализированных акустических исследований и измерений звуковой мощности шумогенерирующих технических объектов, а также для оценки звукопоглощающих характеристик образцов акустических материалов, выполняемых в условиях диффузного звукового поля. Также они применяются для исследований звукопоглощающих характеристик полномасштабных конструкций деталей, узлов и систем машин (или их

опытных макетных образцов), выполняемых в условиях диффузного (реверберационного) звукового поля. В нормативных требованиях, приведенных в [1, 2, 3], даны указания по соответствующим нормативным принципам проектирования конструкций измерительных реверберационных камер, предъявляющие требования к 5 объему (габаритным размерам) и геометрической форме ее пространственной воздушной полости, физическим характеристикам используемых стеновых конструкций, исключающих (ослабляющих) негативное развитие физических процессов формирования резонансно выраженных пространственных зон неравноплотного распределения интенсивности звуковой энергии, а также исключения (ослабления) нежелательного 10 процесса звукопоглощения, производимого ограждающими поверхностями стеновых конструкций и дверным проемом измерительной реверберационной камеры, ухудшающего характеристики диффузного звукового поля в реверберационной акустической камере. Однако, альтернативное многофункциональное использование такого типа оригинальных конструкций измерительных реверберационных камер, в 15 качестве возможных типичных вариантных исполнений низкошумных технических помещений, с устраненными (ослабленными) полуволновыми акустическими резонансами, является недостаточным, существенно усложняет и удорожает конструкции типичных технических помещений, предназначенных для последующего монтажа в них шумогенерирующих технических объектов (ШГТО) при их проектировании, 20 строительстве и последующей эксплуатации. Очевидным недостатком такого типа технических помещений, выполненных в виде измерительных реверберационных камер, является также неудовлетворительное (неполное и неудобное в эксплуатации) использование их полезного рабочего пространства, ввиду реализованных в них непараллельных противолежащих поверхностей стеновых ограждений, пола и 25 потолочного перекрытия (потолка). Более того, в ряде случаев, для обеспечения требуемой диффузности звукового поля (реализации более равномерной пространственной плотности распределения звукового давления по объему помещения измерительной реверберационной камеры), использование свободного рабочего пространства помещения затруднено применяемыми в воздушной полости 30 измерительной реверберационной камеры монтируемых в ней дополнительных рефлекторных экранных элементов, дополнительно выравнивающих пространственную плотность распределения интенсивности звуковой энергии в воздушной полости измерительной реверберационной камеры что, однако, связано с нежелательным дополнительным загромождением ее полезного рабочего пространства.

35 Известно техническое решение по патенту РФ на изобретение №2670309, опубликованном 12.10.2018, в котором представлено описание низкошумного технического помещения, содержащего несущие ограждающие жесткие звукоотражающие элементы в виде стен, потолка, пола, дверного проема с закрытой 40 входной дверью, приточный и вытяжной вентиляционные проемы, образующие замкнутую внутреннюю трехмерную воздушную полость, представленную полым прямоугольным параллелепипедом габаритными размерами $A (L \cdot B \cdot H)$. Оно характеризуется определенными физическими параметрами звукового и температурного поля, в котором смонтирован, по крайней мере, один эксплуатируемый 45 шумогенерирующий технический объект (ШГТО), функционирующий на заданном установленном (постоянном) скоростном эксплуатационном режиме работы n_s , сопровождающимся соответствующими физическими процессами излучения звуковой и тепловой энергии. В спектральном звуковом составе излучения типичного ШГТО содержатся, как правило, выделяющиеся дискретные значения уровней звуковых

давлений (УЗД) на отдельных рабочих доминирующих функциональных частотах f_{ms} , характеризующихся соответствующими длинами звуковых волн λ_{ms} . По крайней мере, один из линейных габаритных параметров A внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения, представленной прямоугольным параллелепипедом габаритными размерами $L \cdot B \cdot H$, удовлетворяет задаваемым требованиям взаимосвязанного соотношения с физическими параметрами звукового и температурного поля внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения, позволяющего, в конечном итоге, исключать интенсивные резонансные частотно-модальные взаимодействия звукового излучения ШГТО с формирующимися собственными акустическими модами (собственными частотами звуковых колебаний f_{mA} , характеризующимися длинами волн λ_{mA}) внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения, определяемым выражением:

$$\frac{A}{n_{vs} \frac{1}{2} \lambda_{ms} K'_t} \neq 0,94 \dots 1,06 \quad (1)$$

где n_{vs} - целое число (натурального ряда) полудлин звуковых волн $\frac{1}{2} \lambda_{ms}$ рабочей доминирующей функциональной частоты f_{ms} звукового излучения шумогенерирующего технического объекта, укладываемых в ограничительных пределах габаритного параметра A , характеризующего габаритные размеры внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения (L, B, H);

K'_t - температурный коэффициент коррекции скорости звука c и длины звуковой волны λ_{ms} рабочей доминирующей функциональной частоты f_{ms} , излучаемой шумогенерирующим техническим объектом на заданном установившемся скоростном эксплуатационном режиме работы n_s , в эксплуатационном диапазоне изменения температуры воздуха Δt °C во внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения (L, B, H);

Тем самым, реализация известного технического устройства низкошумного технического помещения позволяет предотвратить возникновение интенсивных воздушных полостных акустических резонансов в пространстве технического помещения со смонтированным в нем ШГТО, что способствует устранению (уменьшению) результирующего резонансного усиления акустического излучения как непосредственно в пространственной воздушной полости технического помещения, так и в прилегающих к нему пространственных зонах (смежных помещениях, открытом пространстве). Это, в свою очередь, способствует процессу повышения акустической безопасности окружающей среды.

Недостатком известного технического решения является необходимость точного согласования габаритных размеров технического помещения уже на стадии его проектирования с учетом прогнозируемых (расчетных, инструментально замеренных) характеристик акустического поля ШГТО, который будет в нем установлен, что приводит к необходимости вынужденной дополнительной (резервной) модернизации технического помещения в случае несоблюдения достаточных условий рассогласования габаритных размеров внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения с конкретными объективными физическими параметрами звукового и температурного полей, реализующихся в воздушном пространстве технического помещения. В представленном описании технического помещения также отсутствуют шумопонижающие устройства технического помещения, а также конструктивные

элементы, обеспечивающие снижение шума ШГТО в широком звуковом частотном диапазоне, включая как диапазон дискретных низких звуковых частот, с выделяющимися в спектре низкочастотными звуковыми гармониками, характерный для излучаемого шума инженерно-техническим оборудованием, функционирующим на постоянном (неизменном) скоростном режиме работы, представленным, в частности, насосной, компрессорной станциями, энергетическими установками (двигателями внутреннего сгорания, дизель-генераторными установками), системами вентиляции и кондиционирования воздуха, электрическими машинами (электродвигателями, электротрансформаторами), так и средне- и высокочастотный звуковой диапазон (500...8000 Гц). Также, в качестве недостатка следует указать на необходимость выполнения избирательной частотной настройки технического устройства, направленной исключительно на рассогласование динамического резонансного взаимодействия физических параметров звукового поля, генерируемого ШГТО и собственного звукового поля воздушной полости технического помещения, в котором размещен ШГТО.

В качестве ПРОТОТИПА принято известное техническое решение по патенту на изобретение RU 2677621 «Низкошумное техническое помещение», опубл. 17.01.2019. Согласно описанию указанного технического решения по патенту RU 2677621, на несущих ограждающих элементах (стенах, потолке) низкошумного технического помещения, с применением соответствующих крепежных элементов, закреплены обособленные комбинированные звукопоглощающие панели (ОКЗП), с образованием соответствующих воздушных зазоров между их тыльными поверхностями и оппозитно противлежащими к ним поверхностями стеновых и потолочных конструкций технического помещения. Также соответствующие воздушные зазоры образованы между оппозитными противлежащими поверхностями граней, располагаемых друг относительно друга отдельных, рядом расположенных друг к другу, образцов ОКЗП. При этом, структурный состав ОКЗП представлен обособленными дробленными звукопоглощающими элементами, помещенными в полости замкнутых обособленных емкостей несущих звукопрозрачных оболочек, которые содержат обособленные конструкции частотонастроенных четвертьволновых акустических резонаторов R^I , горловые части которых смонтированы на торцевых гранях ОКЗП. Использование указанного технического решения позволяет осуществлять как комбинированное широкополосное, так и частотонастроенное поглощение звуковой энергии, генерируемой ШГТО на доминирующих в спектре звукового излучения частотных составляющих f_{ms} , совпадающих по числовым значениям с собственными резонансными частотами звуковых колебаний f_R используемых четвертьволновых акустических резонаторов R^I_{ms} . Однако, такого типа заявленная конструкция шумозаглушающего устройства (патент на изобретение RU 2677621), принятая в качестве прототипа, обладает существенным недостатком, связанным с ее исключительным эффективным функционированием только в области постоянных неизменных частот звукового излучения ШГТО f_{ms} , что, в свою очередь, связано с вынужденным соблюдением неизменных (постоянных) скоростных режимов его работы только на одном заданном (паспортном) установившемся скоростном эксплуатационном режиме работы n_s . В тех случаях, когда ШГТО эксплуатируется на нескольких отличающихся скоростных режимах работы, когда его параметры n_s и f_{ms} являются различными, или когда ШГТО эксплуатируется на неустановившихся переменных (режимы плавных разгонов и

замедлений в диапазоне рабочих эксплуатационных режимов работы) режимах эксплуатации, или в существенной степени изменяется эксплуатационный температурный режим воздушной среды в пространстве технического помещения (например, зимой и летом) то, соответственно, например, при изменяющихся частотах звуковых излучений f_{ms} , существенно изменяются и длины звуковых волн λ_{ms} , что влечет частотную расстройку и, как следствие, неэффективное функционирование используемых четвертьволновых акустических резонаторов R_{ms}^1 . Такого типа чувствительные к частотной расстройке, частотозависимые шумозаглушающие акустические резонаторы R_{ms}^1 требуют жестких ограничений допустимых колебаний скоростных и температурных режимов эксплуатации ШГТО, смонтированного в техническом помещении. В противном случае их функционирование как шумозаглушающих технических устройств является малоэффективным (неэффективным).

Заявляемое в качестве изобретения техническое устройство «Низкошумное техническое помещение» направлено на устранение большинства выявленных и проанализированных недостатков аналогов и прототипа в отношении достижения приемлемо высокой технологичности, экологичности, стоимости и эффективности функционирования, с обеспечением эффекта расширения частотного звукового диапазона снижения уровня звукового излучения, производимого ШГТО. Целевой задачей заявляемого изобретения является разработка низкошумного технического помещения, оборудованного элементными устройствами широкополосного по частотному составу снижения уровней шума, эффективными как в средне- и высокочастотном звуковом диапазоне, так и низкочастотном диапазоне звуковых частот, не чувствительными к изменениям (колебаниям) эксплуатационных скоростных и температурных параметров ШГТО и воздушной среды технического помещения.

Технический результат заявляемого технического устройства заключается в обеспечении приемлемо высокой акустической безопасности окружающей среды за счет достигаемого улучшения звукопоглощающих (шумопонижающих) характеристик используемого технического устройства, реализующихся в широком частотном звуковом диапазоне звукового излучения, генерируемого ШГТО, включающего низко-, средне- и высокочастотные звуковые диапазоны, во всем эксплуатационном скоростном, нагрузочном и температурном режиме работы ШГТО и изменяющихся внешних температурных условиях окружающей среды. Заявляемое техническое устройство представлено низкошумным техническим помещением, оборудованным техническими средствами эффективного подавления акустического излучения, генерируемого ШГТО, смонтированными на стеновых и потолочных ограждениях (перекрытиях) данного технического помещения (фиг. 1...3).

Технический результат достигается за счет соответствующего монтажа, с заданными воздушными зазорами, на стеновых и потолочных ограждениях и перекрытиях технического помещения различного типа конструктивно-технологических исполнений обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей (ОЦКЗП), выполненных из твердотелых пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих веществ, характеризующихся пористой воздухопродуваемой монолитной и/или дробленной звукопоглощающей структурой, в которых дополнительно содержатся (интегрированы) сквозные перепускные дифракционно-диссипативные каналы (СПДДК). Достигаемое эффективное снижение уровня звуковой энергии, генерируемой ШГТО, реализуется в этих случаях, как подтвердили результаты экспериментальных исследований (см. фиг. 13), в расширенном частотном диапазоне

звучового спектра, охватывая как низкочастотное, так и средне- и высокочастотное звучовое излучение. При этом, для обеспечения эффекта дополнительного поглощения звучовой энергии в низкочастотном звучовом диапазоне уже не требуется дополнительного применения частотонастраиваемых низкочастотных резонаторных элементов (R^I , R^{II} , R^{III}), характеризующихся избирательной узкополосной эффективностью шумозаглушения лишь на выраженных дискретных частотах f_R , на которые они настроены. Это обусловлено соответствующим конструктивно-технологическим исполнением ОЦКЗП, содержащих сквозные перепускные дифракционно-диссипативные каналы (СПДДК), выполненные соответствующим образом в структуре пористого монолитного или дробленного воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества, из которых образованы ОЦКЗП, предназначенные для обеспечения дополнительной эффективности подавления генерируемой ШГТО в техническом помещении звучовой энергии в широком звучовом частотном диапазоне. Усиление широкополосного диссипативного поглощения звучовой энергии, используемым в составе ОЦКЗП пористым монолитным или дробленным воздухопродуваемым звукопоглощающим веществом, осуществляется посредством физического процесса дифракционного огибания звучовыми волнами (падающими и отраженными от стеновых и потолочных ограждений) при их падении и прохождении через пустотелые полости СПДДК, с сопутствующим проникновением и диссипацией звучовой энергии в пористом звукопоглощающем веществе, располагающимся вблизи периметрических зон, окружающих СПДДК. В физический процесс поглощения звучовой энергии также включаются свободные (открытые) звукопоглощающие поверхностные зоны, образованные свободными поверхностями граней каждого из обособленных дробленных фрагментированных элементов дробленного пористого звукопоглощающего вещества. Кроме этого, имеет место сопутствующее возникновение дополнительных механизмов интенсификации физического процесса поглощения звучовой энергии, вызванных реализуемыми дифракционными диссипативными потерями, возникающими в зонах краевых граневых и реберных участков обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов, при прохождении и огибании их звучовыми волнами по сформированным, хаотично распределенным, сообщающимся извилистым разветвленным воздушным каналам, образованным контактными и/или зазорными неплотными прилегающими и/или адгезивно сопрягающимися контактирующими ребрами и гранями обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов, которые имеют место наряду с реализующимися типичными физическими процессами звукопоглощения, осуществляемыми непосредственно монолитными пористыми структурами звукопоглощающих веществ каждого из обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов. В свою очередь, образованные в пористых структурах ОЦКЗП пустотелые воздушные полости СПДДК, ограниченные (сформированные) стенками звукопрозрачных пленочных эластичных оболочек, способствуют формированию анизотропной акустической структуры ОЦКЗП, дополнительно усиливающей (интенсифицирующей) физические процессы диссипативного поглощения звучовой энергии. Дополнительное краевое дифракционное диссипативное поглощение звучовой энергии возникает и в процессах огибания распространяющимися звучовыми волнами концевых (краевых) периметрических поверхностных зон открытых лицевых и тыльных частей СПДДК, а также свободных торцевых граней ОЦКЗП при их звукошелеевом зазорном размещении друг относительно друга (см. схемы на фиг. 9, 11).

Этим же физическим явлениям (формированию акустической анизотропии,

усиливающей диссипативное поглощение звуковой энергии), может способствовать и преднамеренное дополнительное введение в состав звукопоглощающего вещества, составленного из пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих материалов, представленных обособленными дробленными фрагментированными пористыми звукопоглощающими элементами, соответствующих по структурному составу, геометрическим формам и габаритам дробленных фрагментов, выполненных из плотных (непористых) воздухо непродуваемых полимерных веществ (см. фиг. 10). В этих случаях, должен соблюдаться их заданный ограниченный количественный дозированный состав, при необходимом осуществляемом соответствующем объемном распределении в образуемой смеси разнородных (пористых и непористых) дробленных фрагментов. Монтажная установка ОЦКЗП относительно друг друга с соответствующими узкощелевыми воздушными зазорами между их оппозитными противоположащими торцевыми частями обуславливает реализацию диссипативного дифракционного поглощения звуковой энергии свободными поверхностными краевыми зонами пористой звукопоглощающей структуры, при их свободном огибании распространяемыми звуковыми волнами (см. фиг. 11).

В результате достижения более высоких результирующих широкополосных по частотному составу звукопоглощающих эффектов, в ряде случаев (при необходимости), это позволяет уменьшить количество используемого дорогостоящего пористого звукопоглощающего вещества, при условии удовлетворения заданной (определяемой техническим заданием на разработку или техническими условиями на изготовление) требуемой величины достигаемого эффекта шумозаглушения. По аналогичным причинам, возможно (допустимо) применение более дешевого и/или более экологичного исходного полуфабрикатного сырья при производстве звукопоглощающего материала (далее - ЗПМ), образующего ОЦКЗП, из соответствующих производственно-технологических отходов, производственного брака, содержащих пористые звукопоглощающие структуры материалов в составе шумоизоляционных пакетов различного типа технических объектов, завершивших свой жизненный цикл и вынужденно подвергаемых утилизации. В конечном итоге, все это способствует улучшению безопасностных экологических характеристик заявляемого технического устройства (ведет к сопутствующему «оздоровлению» окружающей среды), реализующегося за счет уменьшения количества непродуктивно утилизируемых твердых звукопоглощающих веществ, например, вынужденно подвергаемых процессам захоронения (например, в виде демонтированных шумопонижающих пакетов, входящих в состав утилизируемых деталей и узлов АТС, завершивших свой жизненный цикл), которые не допускают их непосредственной энергетической утилизации путем сжигания, вследствие выделения ими вредных и опасных продуктов сгорания и/или разрушающих озоновый слой (выбросами CO_2). Тем самым, это в еще большей степени актуализирует экономическую и экологическую эффективность целесообразности применения технических устройств, использующих утилизируемые отходы в качестве исходного сырьевого полуфабрикатного продукта, выполненных согласно заявляемого технического решения (изобретения). Также, в этих случаях, более продуктивно реализуется экономное замещающее ресурсо-энергосбережение невозобновляемых углеводородных сырьевых материалов (нефти, природного газа), в меньших количествах расходуемых на первоначальное (исходное) производство из них синтетических звукопоглощающих материалов.

В качестве исходного полуфабрикатного сырья, используемого для изготовления обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов, могут

применяться продукты вторичной рециклированной утилизационной переработки технологических отходов и технологического брака производства волокнистых, вспененных открытоячеистых ЗПМ и/или технологических отходов и брака производства различного типа деталей из ЗПМ. Также, в состав исходного

5 полуфабрикатного сырья включаются уже произведенные детали и узлы (панели, обивки, прокладки - из пористых ЗПМ), отобранные из состава демонтированных пакетов шумоизоляции разнообразных технических объектов типа шумоактивных средств транспорта (автомобильного, железнодорожного, авиационного, тракторов, комбайнов, передвижной коммунальной и дорожно-строительной техники, и т.п.), и/

10 или других шумогенерирующих агрегатов и систем разнообразных энергетических установок (стационарных ДВС, стационарных и передвижных компрессорных установок и т.п.), и/или используемых в различного типа строительных объектах (звуко теплоизоляционные волокнистые или вспененные открытоячеистые облицовочные панели для стеновых футеровок межэтажных перекрытий, лифтовых шахт,

15 вентиляционных систем). В конечном итоге, это позволяет уменьшать результирующую стоимость производимого технического устройства и обеспечивает сопутствующее снижение загрязнения окружающей среды уже образованными отходами производства и накопившимися неиспользованными продуктами утилизации акустических материалов. Тем самым, это способствует реализации улучшенных экологических характеристик

20 устройства, осуществляемых, в том числе, и за счет уменьшения количества звукопоглощающих веществ подлежащих вынужденному захоронению (например, шумопоглощающих пакетов в составе деталей АТС, отслуживших свой срок), которые не допускают их непосредственной энергетической утилизации путем сжигания. Для управляемого упрощения осуществления технологических операций механического

25 дробления (вырубки/нарезки) и их последующего объемного распределения с обеспечением заданного дозирования по структурному составу и весо-габаритным параметрам, в отдельных случаях в качестве исходного полуфабрикатного сырья, используемого для изготовления ОЦКЗП низкошумного технического помещения, могут также использоваться произведенные «новые» обособленные дробленые

30 фрагментированные звукопоглощающие элементы. Под термином «новые» подразумеваются дробленые фрагментированные звукопоглощающие элементы, произведенные из «нового» (не утилизируемого) сырья, например, из соответствующего полуфабриката плосколиствого типа (плоских листов или рулонов ЗПМ). Могут использоваться также комбинированные смеси звукопоглощающих веществ, задаваемые

35 в определенных пропорциях дозированных сочетаний обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов, полученных из рециклированных утилизационных акустических материалов деталей и узлов, в состав которых добавляется определенное количество произведенных «новых» обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов заданных геометрических форм

40 и габаритных размеров, изготовленных из «нового» исходного полуфабрикатного сырья производства пористых ЗПМ (листового, рулонного). В ряде случаев, это позволяет более гибко управлять конечными физическими (акустическими) параметрами образуемой смешанной комбинированной структурной массы звукопоглощающего вещества (акустическими, весовыми, плотностными, жесткостными,

45 эксплуатационными), осуществляемыми за счет введения в необходимых пропорциях в него заданной количественной дозированной добавки «новых» обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов, характеризующихся более узкими полями разброса контролируемых акустических параметров пористого

звукопоглощающего вещества. Тем самым могут быть реализованы технологические процедуры, в той или иной требуемой мере, улучшающие физические (акустические) характеристики результирующей структуры ОЦЗП в составе заявляемого низкошумного технического помещения.

5 Сравнение научно-технической и патентной документации на дату приоритета в основной и смежной рубриках МКИ показывает, что совокупность существенных признаков заявленного технического решения ранее не была известна, следовательно, оно соответствует условию патентоспособности «новизна».

10 Анализ известных технических решений в данной области техники показал, что заявляемое устройство низкошумного технического помещения имеет признаки, которые отсутствуют в известных технических решениях, а использование их в заявленной совокупности признаков дает возможность получить новый технический результат, следовательно, предложенное техническое решение имеет изобретательский уровень по сравнению с существующим уровнем техники.

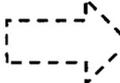
15 Предложенное техническое решение промышленно применимо, т.к. может быть изготовлено промышленным способом, работоспособно, осуществимо и воспроизводимо, следовательно, соответствует условию патентоспособности «промышленная применимость».

20 Особенности и преимущества заявляемого изобретения станут понятны из представленных чертежей и следующего детального описания устройства, где:

- на фиг. 1 приведено схематичное изображение технического помещения 1, включая базовые пространственные направления путей передачи воздушного и структурного шума, излучаемого ШГТО 9, смонтированным в замкнутом (закрытом) техническом помещении 1. Стрелками на фиг. 1 обозначено:

25  смешанные пути передачи воздушного и структурного звука дверным проемом 5 и входной дверью 6 технического помещения (строительного здания) 1

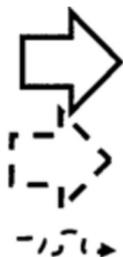
 прямое звуковое излучение шумогенерирующего технического объекта 9, передаваемое воздушными путями передачи

30  вторичный структурный звук «твердых» ограждающих элементов технического помещения 1, возбужденный шумогенерирующим техническим объектом 9;

35 - на фиг. 2 представлен иллюстративный конкретизированный пример технического помещения 1 с установленным в нем ШГТО 9, представленным в виде силового электротрансформатора, со смонтированными на ограждающих стеновых (поз. 2) и потолочных 3 (на фиг. - не показаны) перекрытиях, с воздушными зазорами между оппозитно противоположающимися торцевыми гранями ОЦКЗП 10, с выполненными в пористой звукопоглощающей структуре ОЦКЗП 10 СПДДК (поз. 11), стенки которых сформированы несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой 18;

45 - на фиг. 3 представлен иллюстративный конкретизированный пример технического помещения 1 с установленным в нем ШГТО 9, представленным в виде дизель-генераторной установки, со смонтированными на ограждающих стеновых (поз. 2) и потолочных 3 (на фиг. - не показаны) перекрытиях ОЦКЗП 10, с выполненными в пористой звукопоглощающей структуре ОЦКЗП 10 СПДДК (поз. 11), стенки которых сформированы несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой 18;

- на фиг. 4 схематично изображен лицевой фрагмент исполнения стенового ограждающего перекрытия (поз.2) технического помещения 1 со смонтированными на его поверхности ОЦКЗП 10, установленных с узкощелевыми воздушными дистанционными зазорами γ , образуемые между их оппозитными противоположащими торцевыми гранями 25;
- на фиг. 5 схематично представлен фрагмент исполнения стенового ограждающего перекрытия (поз. 2) технического помещения 1 со смонтированными ОЦКЗП 10, установленными с дистанционным воздушным зазором k их тыльных поверхностей 17 относительно оппозитно противоположащей поверхности стенового перекрытия (поз. 2);
- на фиг. 6 схематично представлено исполнение стенового ограждения (перекрытия) 2 технического помещения 1 с выполненным монтажом ОЦКЗП 10, установленных с заданным воздушным дистанционным зазором k их тыльных поверхностей 17 относительно оппозитно противоположащей к ним поверхности стенового ограждения (перекрытия), поз. 2, при этом ОЦКЗП 10 со стороны их лицевых поверхностей дополнительно перекрыты звукопрозрачной облицовочной защитно-декоративной перфорированной панелью 24;
- на фиг. 7а представлен пример конструктивно-технологического исполнения технических средств закрепления ОЦКЗП 10 в горизонтальном положении посредством использования соответствующих подвесных узлов, смонтированных на горизонтальной поверхности потолка 3 технического помещения 1, выполненных в виде соответствующего типа дистанционных механических крепежных элементов 12;
- на фиг. 7б представлен пример конструктивно-технологического исполнения технических средств закрепления ОЦКЗП 10 в горизонтальном положении посредством использования соответствующих подвесных узлов, смонтированных на горизонтальной поверхности потолка 3 технического помещения 1, выполненных в виде соответствующего типа подвесных тросовых элементов 13, соединенных с внешней несущей звукопрозрачной оболочкой 19;
- на фиг. 7в представлен пример конструктивно-технологического исполнения технических средств закрепления ОЦКЗП 10 в горизонтальном положении посредством использования соответствующих подвесных узлов, смонтированных на горизонтальной поверхности потолка 3 технического помещения 1, выполненных в виде соответствующего типа подвесных тросовых элементов 13, соединенных с внутренним закладным армирующим звукопрозрачным элементом 23 ОЦКЗП 10;
- на фиг. 8а представлено изометрическое изображение ОЦКЗП 10 с выполненными в ее пористой структуре СПДДК (поз. 11);
- на фиг. 8б представлен фрагмент изометрического поперечного сечения ОЦКЗП 10;
- на фиг. 9 представлена схема реализации физических механизмов дифракционного огибания и поглощения энергии падающих звуковых волн в пористой звукопоглощающей структуре ОЦКЗП 10, возникающих на краевых периметрических зонах открытых лицевых и тыльных частей СПДДК (поз. 11). Стрелками на фиг. 9 обозначено:



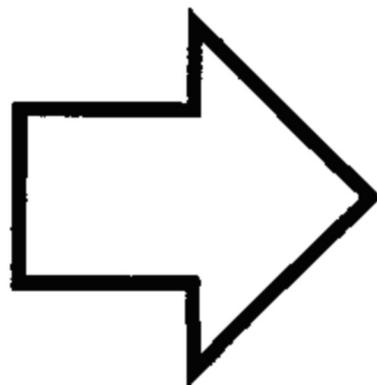
5 Направление падающих, отраженных и распространяемых в пористой структуре обособленной цельноформованной звукопоглощающей панели (поз. 10), звуковых волн



10 Направление дифракционных огибаний прямыми и отраженными звуковыми волнами краевых периметрических зон перепускных каналов (поз. 11), лицевых, тыльных и торцевых поверхностей обособленной цельноформованной звукопоглощающей панели (поз. 10);

15 - на фиг. 10 представлена схема реализации физического процесса (механизма) дифракционного огибания звуковыми волнами, с сопутствующим поглощением энергии звуковых волн, распространяющихся внутри пористой воздухопродуваемой звукопоглощающей структуры вещества 27, сосредоточенного в замкнутой внутренней

20 звукопоглощающего вещества 27, составленного из обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов 15, включающих, в том числе, звукоотражающие воздухопродуваемые закрытоячеистые вспененные и/или плотные непористые структуры полимерных материалов. Стрелками на фиг. 10 обозначено:



25 Направление падающих звуковых волн на обособленную

30 цельноформованную звукопоглощающую панель (поз. 10)



35 Направление дифракционных огибаний звуковыми волнами плотных

воздухопродуваемых звукоотражающих элементов 21, помещенных в структуру пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27, представленного

40 в виде обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов 15;

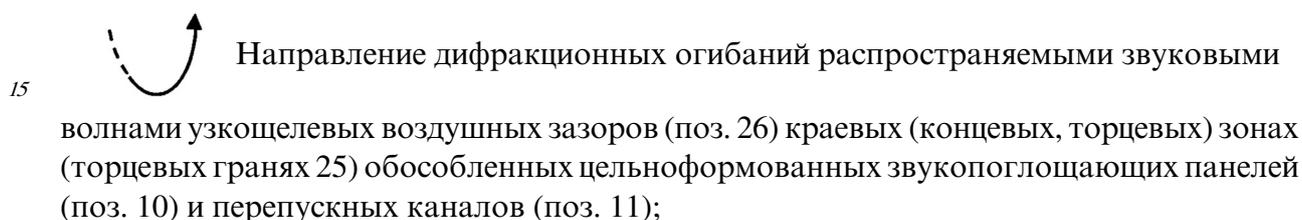
- на фиг. 11 представлена схема реализации физического процесса дифракционных огибаний распространяемыми звуковыми волнами краевых концевых граней ОЦКЗП в образованных узкощелевых воздушных зазорах 26 между оппозитно расположенными

45 противоположащими краевыми (концевыми, торцевыми) зонами торцевых граней 25, с последующим распространением в пористые звукопоглощающие воздухопродуваемые структуры вещества 27 ОЦКЗП 10, с возникающими сопутствующими необратимыми диссипативными энергетическими потерями (с возникающим дополнительным

поглощением звуковой энергии). Стрелками на фиг. 11 обозначено:



цельноформованные звукопоглощающие панели (поз. 10)



- на фиг. 12 представлена схема монтажных зазорных (γ , k) компоновок ОЦКЗП 10 относительно оппозитно противоположающей звукоотражающей поверхности ограждающей стеновой конструкции (поз. 2) технического помещения 1 (зазор k) и между оппозитно противоположащими торцевыми гранями 25 ОЦКЗП 10 (зазор γ) при схематичных изображениях прямого падения звуковых волн (сплошные стрелки) и отраженного падения звуковых волн (штриховые стрелки). Стрелками на фиг. 12 обозначено:



35 звуковых волн на обособленные цельноформованные звукопоглощающие панели (поз. 10)

—→ Прямые падающие звуковые волны на обособленные цельноформованные звукопоглощающие панели (поз. 10)

40 - - - → Отраженные звуковые волны от поверхности ограждающей стеновой конструкции (поз.2) технического помещения

- на фиг. 13 приведены результаты сопоставительных измерений реверберационного коэффициента звукопоглощения α_{rev} (в усл. ед.) исходного состояния исследуемого

45 макетного образца ОЦКЗП 10 габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 50$ мм, пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее вещество (поз. 27) которого представлено обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими элементами (поз. 15), помещенными в звукопрозрачную емкостную полость, выполненную из эластичного звукопрозрачного слоя полиэфестеровой пленки, толщиной 0,012 мм, в

вариантах его беззазорного ($k=0$) и зазорного ($k=300$ мм) монтажа относительно поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа», а также в вариантах последующего выполнения в структуре пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества (поз. 27) дополнительных СПДДК (поз. 11) диаметром

5 50 мм в количестве 5 шт. и 9 шт.. Линии на графике означают:

1 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной 0,012 мм, беззазорно

10 установлен на поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа»;

2 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной 0,012 мм, смонтирован

15 на звукопрозрачной установочной платформе с воздушным зазором $k=30$ мм

относительно звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры

«Кабина Альфа»; 3 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными

размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в

20 звукопрозрачные емкостные полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки,

толщиной 0,012 мм, беззазорно установлен на звукоотражающей поверхности пола

малой реверберационной камеры «Кабина Альфа», с выполненными перепускными

дифракционно-диссипационными каналами диаметром $d=50$ мм в количестве 5 шт.; 4

- монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h =$

25 $1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных

звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные

полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной 0,012 мм, беззазорно

установлен на звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры

«Кабина Альфа», с выполненными СПДДК диаметром $d=50$ мм в количестве 9 шт.;

30 5 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h =$

$1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных

звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные

полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной 0,012 мм, смонтирован

на звукопрозрачной установочной платформе с воздушным зазором $k=30$ мм

35 относительно звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры

«Кабина Альфа», с выполненными СПДДК диаметром $d=50$ мм в количестве 5 шт.;

6 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h =$

$1000 \times 1000 \times 50$ мм, изготовленный из обособленных дробленых фрагментированных

звукопоглощающих элементов (поз. 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные

40 полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной 0,012 мм, смонтирован

на звукопрозрачной установочной платформе с воздушным зазором $k=30$ мм

относительно звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры

«Кабина Альфа», с выполненными перепускными дифракционно-диссипационными

каналами диаметром $d=50$ мм в количестве 9 шт.;

45 - на фиг. 14 приведены результаты сопоставительных измерений реверберационного

коэффициента звукопоглощения a_{rev} (в усл. ед.) исходного состояния макетного

монолитного образца ОЦКЗП 10, пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее

вещество (поз. 27) которой представлено цельноформованным волокнистым пористым

воздухопродуваемым звукопоглощающим материалом, габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм в вариантах его беззазорного ($k=0$) и зазорного ($k=300$ мм) монтажа относительно поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа», а также в вариантах его фрагментированного дробления на 8 образцов идентичных габаритных размеров, с последующим беззазорным ($\gamma=0$) и зазорным ($\gamma=10$ мм) оппозитным расположением их противолежащих торцевых граней 25 образованных фрагментированных образцов ОЦКЗП 10. Линии на графике означают:

7 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм, выполненный из плосколистового пористого цельноформованного волокнистого звукопоглощающего материала, беззазорно установлен на поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа» при открытых (незвукоизолированных) торцевых гранях; 8 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм, выполненный из плосколистового пористого цельноформованного волокнистого звукопоглощающего материала, смонтирован на звукопрозрачной установочной платформе с воздушным зазором $k=30$ мм относительно звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа» при открытых (незвукоизолированных) торцевых гранях; 9 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм, выполненный из плосколистового пористого цельноформованного волокнистого звукопоглощающего материала, беззазорно установлен на звукоотражающей поверхности пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа» при звукоизолированных торцевых гранях; 10 - монолитный макетный образец ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм, выполненный из плосколистового пористого цельноформованного волокнистого звукопоглощающего материала, расчленен на 8 идентичных квадратных фрагментов, смонтированных с торцевыми межграневыми зазорами друг относительно друга на расстоянии $\gamma=10$ мм и с воздушными зазорами их тыльных поверхностей относительно пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа» (торцевые грани 8 фрагментов макетных образцов - звукоизолированы).

Цифровыми позициями на представленных фигурах указаны:

- 1 - техническое помещение;
- 2 - стены технического помещения 1 (далее - стены 2);
- 3 - потолок (потолочное перекрытие) технического помещения 1 (далее - потолок 3);
- 4 - пол технического помещения 1 (далее - пол 4);
- 5 - дверной проем стены 2 (далее - дверной проем 5);
- 6 - входная дверь дверного проема 5 (далее - входная дверь 6);
- 7 - приточный и вытяжной вентиляционные проемы технического помещения 1 (далее - вентиляционные проемы 7);
- 8 - внутренняя трехмерная воздушная полость технического помещения 1, ограниченная ограждающими поверхностями потолка 3, пола 4, боковых стен 2 и закрытой входной дверью 6 (далее - внутренняя трехмерная воздушная полость 8);
- 9 - шумогенерирующий технический объект (далее - ШГТО 9);
- 10 - обособленная цельноформованная комбинированная звукопоглощающая панель (далее - ОЦКЗП 10);
- 11 - сквозные перепускные дифракционно-диссипативные каналы (далее - СПДДК);
- 12 - дистанционные механические крепежные элементы;

- 13 - подвесные тросовые элементы;
- 14 - монтажный профиль (на фиг. не показан);
- 15 - обособленные дробленные фрагментированные звукопоглощающие элементы (далее - ОДФЗЭ);
- 5 16 - лицевая стенка ОЦКЗП 10;
- 17 - тыльная стенка ОЦКЗП 10;
- 18 - несущая внутренняя пленочная эластичная звукопрозрачная оболочка СПДДК 11;
- 19 - несущая внешняя поверхностная облицовочная звукопрозрачная оболочка
- 10 ОЦКЗП 10;
- 20 - внешний поверхностный защитный облицовочный звукопрозрачный слой материала ОЦКЗП 10;
- 21 - воздухонепродуваемые закрытоячеистые вспененные и/или плотные непористые структуры полимерных материалов ОДФЗЭ 15;
- 15 22 - адгезионное сплошное слоистое (пленочное) или прерывистое (волокнистое, порошкообразное, перфорированное пленочное) звукопрозрачное покрытие, представленное соответствующим образом поверхностным и/или объемно распределенным липким клеевым или термоактивным термоплавким адгезионным веществом (далее - адгезионное покрытие 22);
- 20 23 - внутренние закладные звукопрозрачные армирующие элементы стержневого, сетчатого или пластинчато-перфорированного типов ОЦКЗП 10, (далее - внутренние закладные звукопрозрачные армирующие элементы 20);
- 24 - звукопрозрачная облицовочная защитно-декоративная перфорированная панель ($k_{\text{perf}} \geq 0,25$);
- 25 25 - торцевые грани ОЦКЗП 10;
- 26 - узкощелевые воздушные зазоры, образуемые между оппозитными противолежащими торцевыми гранями 25 ОЦКЗП 10, смонтированных на несущих ограждающих элементах стен 2 и потолка 3 технического помещения 1;
- 27 - пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее вещество (ОДФЗЭ 15 или
- 30 монолитный вспененный открытоячеистый пенополиуретан, и/или монолитный цельноформованный волокнистый материал).
- А - один из базовых габаритных параметров (L, В, Н), характеризующих габаритные размеры внутреннего трехмерного пространства внутренней трехмерной воздушной полости 8 технического помещения 1;
- 35 L - габаритная длина внутреннего пространства внутренней трехмерной воздушной полости 8 технического помещения 1;
- В - габаритная ширина внутреннего пространства внутренней трехмерной воздушной полости 8 технического помещения 1;
- Н - габаритная высота внутреннего пространства внутренней трехмерной воздушной
- 40 полости 8 технического помещения 1;
- R^I - четвертьволновый акустический резонатор;
- R^{II} - полуволновый акустический резонатор;
- R^{III} - акустический резонатор Гельмгольца;
- 45 n_s - заданный (паспортный) установившийся скоростной эксплуатационный режим работы ШГТО 9, характеризуемый соответствующим звуковым излучением, содержащим в своем звуковом спектре выделяющиеся рабочие доминирующие

функциональные частоты звуковых колебаний f_{ms} , мин^{-1} , с^{-1} ;

n_{vs} - целое число (натурального ряда) полудлин $\frac{1}{2}\lambda_{ms}$ звуковых волн рабочей доминирующей функциональной частоты f_{ms} звукового излучения ШГТО 9, укладываемых в ограничительных пределах габаритного параметра A , характеризующего габаритные размеры внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения 1 (L, B, H);

K'_t - температурный коэффициент коррекции скорости звука c и длины звуковой волны λ_{ms} рабочей доминирующей функциональной частоты f_{ms} , излучаемой ШГТО 9 на заданном установившемся скоростном эксплуатационном режиме работы n_s , в эксплуатационном диапазоне изменения температуры воздуха $\Delta t^\circ\text{C}$ во внутренней трехмерной воздушной полости технического помещения 1 (L, B, H);

f - частота звуковых колебаний, Гц (с^{-1});

f_{mA} (f_{mL}, f_{mB}, f_{mH}) - дискретные значения собственных (резонансных) частот звуковых колебаний в Гц, формирующиеся на собственных акустических модах массо-упругого тела воздушного объема внутренней трехмерной воздушной полости 8 технического помещения 1, в направлении ее габаритных параметров A (L, B, H), характеризуемых длинами звуковых волн λ_{mA} ($\lambda_{mL}, \lambda_{mB}, \lambda_{mH}$);

f_{ms} - дискретные значения рабочих доминирующих функциональных частот звукового излучения ШГТО 9, Гц;

λ - длина звуковой волны, м;

λ_{ms} - длина звуковой волны λ на основной рабочей доминирующей функциональной частоте f_{ms} звукового излучения ШГТО 9, функционирующего на заданном установившемся эксплуатационном режиме работы n_s ;

k - дистанционный воздушный зазор между поверхностью тыльной стенки 17 ОЦКЗП 10, смонтированной на ограждающих стеном 2 и потолочном 3 перекрытии и оппозитно противоположащей расположенной к ней поверхностью стенового 2 (потолочного 3) ограждающего перекрытия технического помещения 1;

γ - дистанционный воздушный зазор между оппозитно противоположащими поверхностями стенок торцевых граней 25 ОЦКЗП 10, смонтированных на ограждающих стеновых 2 и потолочных 3 перекрытиях технического помещения 1;

d - диаметр СПДДК 11;

t - габаритная толщина торцевых граней 25 ОЦКЗП 10

α_{rev} - реверберационный коэффициент звукопоглощения (усл. ед.);

α_N - нормальный коэффициент звукопоглощения (усл. ед.);

A_{ekv} - площадь эквивалентного звукопоглощения (м^2);

K_{perf} - коэффициент перфорации (усл. ед.);

ρ_ϕ - плотность в $\text{кг}/\text{м}^3$ заполнения ОДФЗЭ 15, представленных пористым воздухопродуваемым звукопоглощающим веществом 27 внутренней полости ОЦКЗП 10;

Терминологические определения, используемые в тексте описания заявки на изобретение

Акустические резонаторы (R) - частотонастроенные звукозаглушающие устройства (акустические резонаторы Гельмгольца R^{III} , четвертьволновые R^{I} и полуволновые R^{II}

акустические резонаторы R), предназначенные для диссипативного поглощения (рассеивания, демпфирования, противофазной компенсации) звуковой (акустической) энергии, распространяемой в рассматриваемой газодинамической (аэродинамической) системе, к которой они подключены; наиболее эффективное использование акустических резонаторов R относится к поглощению резонансных звуковых колебаний, выделяющихся в спектрах звукового излучения газодинамической (аэродинамической) системы.

Дифракция звуковых волн - физическое явление, связанное с отклонением звуковых волн от их прямолинейного распространения при взаимодействии с встречным твердотельным препятствием (находящемся на пути их распространения); возникновение дифракционно-диссипативного эффекта звукопоглощения обусловлено физическим процессом дополнительного рассеивания энергии звуковой волны, распространяемой на твердом (пористом) препятствии, с конечным значением входного акустического сопротивления поверхности твердого препятствия (пористой волокнистой или вспененной открытоячеистой структуры); новая рассеянная звуковая волна, образованная дифракционным процессом распространения на краях (гранях) твердотельного пористого элемента конечных размеров (формирующая краевой дифракционный эффект), вызывает дополнительный переток звуковой энергии, направленный (распространяющийся) внутрь пористой твердотельной структуры этого элемента, что приводит к дополнительной диссипации звуковой энергии и, соответственно, к возрастанию результирующего звукопоглощающего эффекта.

Диффузное звуковое поле - звуковое поле, в каждой точке которого уровень звукового давления один и тот же; формируется, преимущественно, в высокочастотном звуковом диапазоне в закрытых объемах (технических помещениях), ограниченных жесткими звукоотражающими стенками.

Звукопоглощение - физический процесс ослабления части энергии звуковых колебаний, распространяемых в пористой структуре звукопоглощающего материала, с возникающим необратимым диссипативным преобразованием звуковой энергии в тепловую энергию, рассеиваемую исключительно средой пористой структуры, в которой распространяется звуковая волна; характеризуется коэффициентом звукопоглощения (нормальным α_N , реверберационным α_{rev}) или площадью эквивалентного звукопоглощения A_{ekv} .

Коэффициент звукопоглощения реверберационный (α_{rev}) - отношение энергии диффузного звукового поля, поглощенной поверхностью исследуемого образца материала (исследуемой полномасштабной деталью), к энергии диффузного звукового поля, падающей на нее; определяется по изменяемому регистрируемому времени реверберации t_{rev} в рабочей полости измерительной реверберационной камеры по результатам помещения в ее полость исследуемого образца материала (исследуемой полномасштабной детали).

Звукопрозрачность - свойство структурных элементов конструкций (пластин, оболочек, пленок, тканей), находящихся на пути распространения звуковой волны, пропускать распространяемую в упругой среде звуковую волну без существенного (не более чем на 10%) ослабления (без существенного эффекта отражения в направлении, противоположном распространению от источника излучения звуковых волн); характеризуется коэффициентом прохождения звука через конструкцию, представляющим отношение амплитуд звукового давления в волне, прошедшей через конструкцию ($P_{пр}$), к звуковому давлению в падающей звуковой волне ($P_{пад}$).

Интерференция волн - физический процесс сложения в неограниченном пространстве (или в ограниченном волноводе) двух или более двух волн, имеющих одинаковые периоды колебаний T , в результате которого в различных зонах неограниченного пространства (или ограниченного пространства объемного волновода) амплитудное значение результирующей волны увеличивается или уменьшается в зависимости от соотношений фаз колебаний ϕ складывающихся (взаимодействующих) волн, формируя таким образом неравномерные пространственные распределения амплитуды результирующей волны.

Клеи, адгезивы - композиции на основе органических или неорганических веществ, способные соединять (склеивать) различные материалы; их 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 (феноло-формальдегидные, эпоксидные, полиэфирные смолы, полиамиды, полиуретаны, кремний-органические 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.

Антипирены - вещества или смеси веществ, предохраняющие древесину, ткани и другие материалы органического происхождения (включая звукопоглощающие или звукоизолирующие) от воспламенения и самостоятельного горения; распадаются с образованием негорючих веществ и/или препятствуют разложению материала с выделением горючих газов; антипирены наносятся на поверхность изделий в составе красок или (и) используют в виде растворов, которыми пропитывают материал; распространенные антипирены - гидроксид алюминия, соединения бора, сурьмы, хлоридов, органические и неорганические соединения фосфора.

Коэффициент перфорации - отношение суммарной площади отверстий (проекций отверстий) к общей площади (локальной зоны) поверхности стенки конструктивного элемента подвергнутого процессу перфорирования (до момента ее перфорирования).

Материал звукопоглощающий - акустический материал, обладающий реверберационным коэффициентом звукопоглощения α_{rev} не менее 0,2.

Материал звукопоглощающий волокнистый - пористый акустический материал, структура которого представлена упругим деформируемым скелетом, сформированным множеством динамически связанных и взаимодействующих между собой волокон; образованные между поверхностями волокон воздушные поры в таких упругих структурах волокнистых материалов имеют вид узких сообщающихся капиллярных каналов; выполняется на основе натуральных (хлопковых, шелковых, джутовых, сизальных, льняных, конопляных и др., или белковых животного происхождения), синтетических (акриловых, полиэстеровых, полиоксидазольных, полиимидных, углеродных, арамидных, полипропиленовых, нейлоновых, и т.д.), минеральных волокон (базальтовых, керамических, стеклянных и т.д.), металлических волокон (в виде специально подготовленных металлических структур типа пористого волокнистого материала - ПВМ, пористого сетчатого материала - ПСМ, металлорезины - МР).

Материал звукопоглощающий вспененный (губчатый) - пористый открытоячеистый акустический материал, упруго-деформируемый скелет которого сформирован посредством технологического вспенивания и последующей полимеризации раствора полимерного материала или посредством проведения соответствующей химической

реакции; вспененные звукопоглощающие материалы выполняются на основе уретанового, нитрильного, винилового, бутадиен-стирольных полимерных составов.

Материал звукопоглощающий пористый - акустический материал, у которого твердое вещество занимает часть общего объема, образуя пространственный пористый скелет, а остальной объем приходится на многочисленные сообщающиеся полости и каналы (для вспененных открытоячеистых материалов) или сообщающиеся капиллярные каналы (для волокнистых материалов), которые открыты наружу и заполнены упругой воздушной средой.

Дробленое пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее вещество - оригинальный сырьевой (полуфабрикатный) продукт рециклированной утилизационной переработки акустических материалов, преимущественно, пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих волокнистых и/или вспененных открытоячеистых, содержащихся в составе деталей и узлов, завершивших свой жизненный цикл, а также в производственно-технологическом браке производства и отходах производства указанных типов акустических материалов, используемый вторично в качестве исходного производственного сырья при изготовлении разнообразных технических устройств уменьшения шумовых излучений, производимых различными шумогенерирующими объектами (шумозащитных экранов, шумопоглощающих панелей, шумоизоляционных обивок моторных отсеков, багажных отделений и пассажирских помещений транспортных средств и прочих технических устройств обеспечения акустической безопасности окружающей среды); используемые обособленные дробленые фрагментированные звукопоглощающие элементы, произведенные из указанного типа утилизируемого сырья, изготавливаются из идентичных или различающихся типов и марок пористых звукопоглощающих материалов, обладающих идентичными или отличающимися физическими характеристиками, химическим составом, пористостью, количеством и сочетанием типов структур пористых слоев в составе одно- и/или многослойных комбинаций, идентичной или отличающейся геометрической формы и габаритных размеров, находящихся преимущественно в линейном габаритном диапазоне 5...100 мм, при этом объем каждого из обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов находится в диапазоне значений $4,2 \times (10^{-9} \dots 10^{-2}) \text{ м}^3$.

Материал звукопрозрачный (пленочный, фольгированный микроперфорированный, тканевый, нетканого полотна) - конструкционный материал, установка которого на поверхность пористого звукопоглощающего слоя (выполнением, в том числе, контактной «технологической шивки» их сопрягаемых поверхностей) вызывает допустимое падение реверберационного коэффициента звукопоглощения (α_{rev}) не более чем на 10%; обеспечиваемые свойства звукопрозрачности в существенной степени характеризуются выбранными соответствующими значениями параметров сопротивления продуванию воздушным потоком (тканевые или микроперфорированные пленочные или микроперфорированные фольговые слои), и/или установленными значениями толщины, изгибной жесткости и удельной поверхностной массы, определяемых массой материала, приходящейся на 1 м^2 поверхности (непродуваемые воздушным потоком сплошные пленочные или фольговые слои); значения величин сопротивления продуванию воздушным потоком звукопрозрачных воздухопродуваемых тканей или воздухопродуваемых нетканых полотен (перфорированных пленочных полимерных или перфорированных фольговых металлических слоев), должны находиться в пределах $20 \dots 500 \text{ н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$, при толщинах волокнистого слоя тканевого

материала, волокнистого нетканого полотна, микроперфорированного пленочного полимерного или микроперфорированного фольгового металлического слоя, составляющих 0,025...0,25 мм и их поверхностной плотности 20...300 г/м²; значения поверхностной плотности (удельной поверхностной массы) сплошных звукопрозрачных пленок непродуваемых воздушным потоком находятся в диапазоне 20...70 г/м², при толщине пленки 0,01...0,1 мм; материал звукопрозрачный может быть выполнен из различных конструкционных материалов - полиэтилентерефталатовой, полиэстеровой алюминизированной, уретановой, поливинилхлоридной пленок, или из аналогичного типа других приемлемых для этих целей полимерных материалов; применение микроперфорированного фольгового металлического материала предусматривает использование в качестве конструкционного материала алюминия, меди, латуни; сплошной слой воздухопродуваемого тканевого (нетканого полотна) может быть изготовлен из материалов типа «малифлиз», «филтс», стеклоткань, полотна на основе супертонких базальтовых волокон.

Материал плосколистовой - конструкционный материал, выпускаемый в виде отдельных плоских листов заданного геометрического размера.

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

Моды колебаний резонансные (собственные акустические моды) - характеристика виброакустических свойств механической или газодинамической системы, напрямую связанная с ее собственной резонансной частотой; резонансная виброакустическая мода (собственная акустическая мода) иллюстрирует тип (форму) колебаний системы на ее собственной (резонансной) частоте (на собственных резонансных частотах) при совпадении значений (при близких значениях) частот собственных колебаний системы и частот вынужденных колебаний (частот внешнего возбуждения).

Отходы - это всякое вещество или предмет, которое владелец выбрасывает, или намеревается выбросить или оно подлежит выбросу (согласно определению Директивы 75/442 ЕЭС).

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 perforate - пробиваю, прокалываю - технологический процесс выполнения отверстий заданных размеров, расположенных соответствующим образом в структуре изготавливаемой детали (узла).

Микроперфорированные отверстия (отверстия микроперфорации) - 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; диаметр круглых отверстий при этом не превышает 1 мм ($\leq 0,001$ м).

Пористость - отношение объема пустот в пористой структуре образца материала к общему объему образца.

Потери диссипативные энергетические - необратимое рассеяние (потеря) энергии (в данном рассматриваемом случае - колебательной энергии, сосредоточенной в звуковом частотном диапазоне).

Рециклирование - возвращение в производство утилизируемых отходов материалов

(в данном рассматриваемом случае - акустических материалов), путем их вторичной переработки; рециклирование является одной из разновидностей утилизации (в отличие от других видов утилизации, связанных, например, с повторным использованием деталей и узлов, в том виде, как они есть, или после восстановления их работоспособности, а также связанных с выработкой энергии путем сжигания части отходов (энергетическая утилизация)).

Существенные признаки заявляемого технического решения иллюстрируются также фигурами 1...14.

Схематично изображенное на фиг. 1 техническое помещение 1, содержит жесткие несущие ограждающие элементы, выполненные в виде стен 2, потолка 3, пола 4, дверного проема 5 с закрытой входной дверью 6 и вентиляционными проемами 7. Образованная внутренняя трехмерная воздушная полость 8 технического помещения 1 представлена полым прямоугольным цилиндром, выполненным в виде полого прямоугольного параллелепипеда габаритными размерами А (L, В, Н), в котором смонтирован ШГТО 9, производящий «паразитное» акустическое (шумовое) излучение, представленное в виде распространяемых звуковых волн (звукового поля), квалифицируемых шумом, базовые пространственные направления путей распространения звуковых волн изображены на указанной фигуре соответствующими стрелками. Жесткие несущие ограждающие звукоотражающие элементы технического помещения 1 (стены 2, потолок 3) могут быть представлены сборными крупнопанельными (железо-бетонными, каркасно-металлическими), крупноблочными монолитными или ручной кирпичной кладки конструктивно-технологическими исполнениями.

Отличительной особенностью заявляемого технического устройства, представленного в виде низкошумного технического помещения 1, является соответствующее оборудование (футеровка стеновых и потолочных конструкций) технического помещения 1, монтируемые с воздушными зазорами между противоположными (оппозитными) торцевыми гранями 25 ОЦЗП 10 и относительно противоположных (оппозитных) ограждающих поверхностей стен 2 и потолка 3 технического помещения 1, ОЦЗП 10 (см. фиг. 2, 3, 4, 5, 6, 7а, 7б, 7в), составленных из пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27 (ОДФЗЭ 15, или монолитного вспененного открытоячеистого пенополиуретана, или монолитного цельноформованного волокнистого материала), с выполненными (интегрированными) в структуре пористого звукопоглощающего вещества 27 СПДДК (поз. 11), стенки которых образованы несущими внутренними пленочными эластичными звукопрозрачными оболочками 18.

Монтажная установка ОЦЗП 10 в техническом помещении 1 может осуществляться различными способами, в частности, путем их подвешивания к потолку 3 с помощью соответствующего типа дистанционных механических крепежных элементов 12 (см. фиг. 7а), или подвесных тросовых элементов 13 (см. фиг. 7б и 7в), или монтажа на стенах 2 посредством монтажного профиля 14 (на фиг. не показано), с образованием заданного дистанционного воздушного зазора k между тыльной поверхностью ОЦЗП 10 и оппозитно противоположащей поверхностью стен 2 технического помещения 1 (см. фиг. 5, 6, 7а, 7б, 7в). Дистанционный воздушный зазор γ , образующийся между противоположными (оппозитно расположенными) торцевыми поверхностями граней 25 рядом смонтированных образцов ОЦЗП 10, составляет не более четвертой части их габаритной толщины (размера t) торцевых граней 25 ОЦЗП 10 ($\gamma \leq 0,25t$).

Смонтированные ОЦЗП 10 со стороны их лицевых поверхностей могут дополнительно перекрываться установленной звукопрозрачной облицовочной защитно-декоративной перфорированной панелью 24 ($K_{\text{perf}} \geq 0,25$), свободно (без существенного $\leq 10\%$ отражения

звуковой энергии) пропускающей распространяемые звуковые волны в направлении смонтированных ОЦКЗП 10, как это, в частности, иллюстрируется фиг. 6.

Звукопрозрачная облицовочная защитно-декоративная перфорированная панель 24 может монтироваться как беззазорно к лицевым поверхностям ОЦКЗП 10, так и с воздушным зазором. Рекомендуемое допустимое уменьшение реверберационного коэффициента звукопоглощения α_{rev} от дополнительной установки звукопрозрачной облицовочной защитно-декоративной перфорированной панели 24 перед лицевыми поверхностями ОЦКЗП 10 не должно превышать величину 0,1.

Установка ОЦКЗП 10 с заданным воздушным зазором k их тыльных поверхностей относительно близкорасположенных оппозитных к ним звукоотражающих поверхностей потолка 3 или стен 2 технического помещения 1, как это представлено на фиг. 5, 6, 7а, 7б, 7в, 12, позволяет в определенной степени преднамеренно управлять изменением звукопоглощающего эффекта в низкочастотном диапазоне звукового спектра.

Конкретный ограничительный диапазон изменения значений k при этом не устанавливается, а определяется исходя из требований технического задания на разработку, техническими условиями эксплуатации и стоимостными соображениями.

Необходимо при этом учитывать, что увеличение параметра k вызывает соответствующее уменьшение полезного рабочего пространства технического помещения. При соответствующем увеличении параметра k это приводит также к дополнительному эффекту усиления диссипативного дифракционного поглощения звуковой энергии, возникающего на свободных периметрических краях (концевых зонах) ОЦКЗП 10 при их дифракционном огибании отраженными звуковыми волнами (см. фиг. 11, 12). Огибаемая звуковая волна при своем распространении, с возникающим процессом диссипативного трения и рассеиваемая в пористом воздухопродуваемом звукопоглощающем веществе 27 в зоне свободных концевых периферийных краев каждой ОЦКЗП 10, вследствие реализуемого краевого дифракционного эффекта и сопутствующего ему диссипативного поглощения ее энергии, сопровождается процессом дополнительного встречного перетока звуковой энергии с ее лицевой на тыльную пористую поверхность и в обратном направлении - с тыльной на лицевую (см. фиг. 11).

Для звуковой волны, отраженной от поверхности стенового или потолочного перекрытия имеет место аналогичный дифракционный диссипативный эффект перетока звуковой энергии с тыльной поверхности ОЦКЗП 10 на ее лицевую поверхность, с последующим распространением (и затуханием) в глубине пористой воздухопродуваемой звукопоглощающей структуры 27 ОЦКЗП 10 (см. фиг. 9). Это, в свою очередь, и приводит к соответствующему дополнительному положительному эффекту результирующего увеличения диссипативного поглощения звуковой энергии.

Каждая из монтируемых, с заданными воздушными зазорами (γ , k), ОЦКЗП 10, может рассматриваться, в том числе и в качестве автономного объемного звукопоглощающего элемента, характеризующегося существенно более высокими звукопоглощающими характеристиками (параметрами α_{rev} , A_{ekv}) в сравнении с беззазорно смонтированными плоскими звукопоглощающими панелями идентичной площади поверхности, массы, изготовленными из идентичной структуры и физических характеристик звукопоглощающего вещества.

Внутренние полости ОЦКЗП 10, образованные несущими внешними поверхностными облицовочными звукопрозрачными оболочками 19 и несущими внутренними пленочными эластичными звукопрозрачными оболочками 18, заполнены пористым воздухопродуваемым звукопоглощающим веществом 27 монолитного типа или образованным обособленными дробленными фрагментированными

звукопоглощающими элементами 15, с их зазорно-контактирующими между собой ребрами и гранями, в результате чего формируются многочисленные дополнительные сообщающиеся извилистые межреберные и межграневые воздухопродуваемые волноводные звукораспространяемые (звукопередающие) и, соответственно, диссипативные звукопоглощающие каналы. Такого типа используемое дробленое звукопоглощающее вещество может включать, преимущественно, идентичные или различающиеся типы, структуры и марки пористых воздухопродуваемых звукопоглощающих материалов, характеризующихся идентичными или отличающимися физическими характеристиками, химическим и структурным составом, количеством и сочетанием используемых типов структур пористых слоев в составе многослойных комбинаций звукопоглощающих материалов, идентичной или отличающейся геометрической формы и габаритных размеров, произведенных из твердых утилизируемых, преимущественно полимерных отходов, представленных в виде технологически переработанных методом механического дробления звукопоглощающих структур деталей и узлов, демонтированных с утилизируемых технических объектов, преимущественно, деталей шумоизоляционных пакетов транспортных средств, завершивших свой жизненный цикл, и/или из технологических отходов и брака производства звукопоглощающих материалов и произведенных из них деталей и узлов. Обособленные дробленные фрагментированные звукопоглощающие элементы 15 могут быть также изготовлены по типичным технологиям их производства из «новых» полуфабрикатных листовых (рулонных) акустических материалов, подвергаемых последующему технологическому процессу их механического дробления на фрагменты заданных геометрических форм и габаритных размеров, в дополнение к уже используемым обособленным дробленным фрагментированным звукопоглощающим элементам 15, изготовленным из утилизируемых акустических материалов, перечисленных выше. В качестве возможных конструктивно-технологических вариантов исполнения ОЦКЗП 10, ее замкнутая внутренняя полость может быть также частично, но не более чем на 30% ее полостного объема, заполнена дробленно-фраgmentированными воздухонепродуваемыми закрытоячеистыми вспененными и/или плотными непористыми структурами полимерных материалов 21.

Между лицевой 16 и тыльной 17 стенками ОЦКЗП 10 в пористой воздухопродуваемой структуре звукопоглощающего вещества 27 выполнены СПДДК 11, образованные стенками несущих внутренних пленочных эластичных звукопрозрачных оболочек 18.

Обеспечиваемые свойства звукопрозрачности несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19 ОЦКЗП 10, в существенной степени характеризуются выбранными соответствующими значениями физических параметров сопротивления продуванию воздушным потоком слоев материалов (тканевых, нетканого полотна, микроперфорированных пленочных, микроперфорированных фольговых слоев, и/или установленными значениями толщины, изгибной жесткости и их удельной поверхностной массы, определяемых массой приходящейся на 1 м^2 поверхности (непродуваемых воздушным потоком сплошных пленочных или фольговых слоев). Значения величин сопротивления продуванию воздушным потоком звукопрозрачных воздухопродуваемых тканей или звукопрозрачных воздухопродуваемых нетканых полотен (микроперфорированных пленочных полимерных или микроперфорированных фольговых металлических слоев), находятся в пределах $20 \dots 500 \text{ н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$, при толщинах волокнистого слоя тканевого материала, волокнистого нетканого полотна, микроперфорированного пленочного полимерного или микроперфорированного фольгового металлического слоя, составляющих $0,025 \dots 0,25 \text{ мм}$ с удельной

поверхностной массой 20...300 г/м².

Значения поверхностной плотности (удельной поверхностной массы) сплошных звукопрозрачных пленок непродуваемых воздушным потоком, находятся в диапазоне 20...70 г/м², при толщине пленки 0,01...0,1 мм. Внешний поверхностный облицовочный звукопрозрачный слой материала 20 несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19 пленочного типа может быть выполнен из различных конструкционных материалов - полиэстеровой алюминизированной, уретановой, поливинилхлоридной пленки, или из аналогичного типа других приемлемых для этих целей пленочных полимерных материалов.

Внешний поверхностный облицовочный звукопрозрачный слой материала 20 несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19 может быть выполнен сплошным или перфорированным. Например, он может быть выполнен из микроперфорированного (с диаметром проходного сечения отверстий перфорации, не превышающим 1 мм) фольгового материала, предусматривающего использование в качестве конструкционного материала алюминий, медь, латунь. Внешний поверхностный облицовочный звукопрозрачный слой материала 20 несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19, может быть выполнен также из сплошного слоя воздухопродуваемого тканевого (нетканого полотна) материала, может быть представлен материалами типа «малифлиз», «филтс», стеклоткань, базальтовая ткань из супертонкого базальтового волокна. Использование указанных типов конструкционных материалов для изготовления внешнего поверхностного облицовочного звукопрозрачного слоя материала 20 несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19, применяемого в составе ОЦКЗП 10, обеспечивает при заданной плотности набивки ($\rho_{\text{ф}}=10...655 \text{ кг/м}^3$) замкнутой внутренней полости ОЦКЗП 10, соответствующими обособленными дроблеными фрагментированными звукопоглощающими элементами 15, исключение нежелательного попадания и накапливания (впитывания) в пористые открытоячеистые вспененные или пористые волокнистые структуры обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов 15, различного типа технологических и/или эксплуатационных жидкостей (влаги, топлива, смазочно-охлаждающих жидкостей), а также мелких аморфных частиц или насекомых в процессе эксплуатации заявляемого технического объекта.

Для образования соответствующих звукопрозрачных соединений (осуществления звукопрозрачных технологических «сшивок») составных элементных слоев в монолитную многослойную конструкцию ОЦКЗП 10, могут использоваться разнообразные типы звукопрозрачных адгезионных покрытий 22, реализуемых, например, соответствующим температурным разогревом и расплавлением используемых термопластичных полимерных пленок или волокон, размещенных на поверхности структуры внешнего поверхностного защитного облицовочного звукопрозрачного слоя материала 20 (несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19), или несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочки 18, или между контактирующими ребрами и гранями обособленных дробленых фрагментированных звукопоглощающих элементов 15 в процессе реализации технологического процесса изготовления (сборки) ОЦКЗП 10. Для возможных реализаций разнообразных конструктивно-технологических вариантов исполнения ОЦКЗП 10, когда используется полимерный материал внешнего поверхностного защитного облицовочного звукопрозрачного слоя материала 20 (несущей внешней

поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19) или несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочки 18, который не обеспечивает требуемой адгезионной связи путем его приплавления (при соответствующем разогреве его структуры), удовлетворяющее адгезионное соединение может обеспечиваться с помощью введения дополнительных звукопрозрачных (не оказывающих существенного негативного, не более чем на 10%, на уменьшения значения коэффициента звукопоглощения звуковой энергии) определенного типа клеевых адгезионных слоев (в виде липких клеевых или термоактивных термоплавких веществ), технологически реализуемых поверхностно разнесенными обособленными тонкими сплошными линиями, или поверхностно разнесенными обособленными тонкими прерывистыми линиями, или в виде перфорированного сквозными отверстиями тонкого сплошного поверхностного слоя звукопрозрачного адгезионного вещества, или в виде сплошного тонкого звукопрозрачного липкого клеевого слоя с низким удельным поверхностным весом (не превышающем 100 г/м^2), или в виде сплошного тонкого звукопрозрачного термоактивного термоплавкого слоя адгезионного вещества с низким удельным поверхностным весом (не более 50 г/м^2).

В замкнутой внутренней полости ОЦКЗП 10, заполненной пористым воздухопродуваемым звукопоглощающим веществом 27, образованным обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими элементами 15, могут дополнительно содержаться соответствующие внутренние закладные звукопрозрачные армирующие элементы 23 стержневого, или сетчатого, или пластинчато-перфорированного типов.

Несущая внешняя поверхностная облицовочная звукопрозрачная оболочка 19 ОЦКЗП 10 может дополнительно перекрываться металлической или полимерной звукопрозрачной облицовочной защитно-декоративной сетчатой или перфорированной панелью 24 (как это показано на фиг. 6), с коэффициентом перфорации $K_{\text{perf}} \geq 0,25$.

При эксплуатации ШГТО 9, содержащего термонагруженные узлы и системы, смонтированные в непосредственной близости от поверхностных зон установки ОЦКЗП 10 и звукопрозрачных облицовочных защитно-декоративных перфорированных панелей 24 технического помещения 1, указанные конструктивные элементы (поз. 10 и 24) могут выполняться с учетом обеспечения их термостойкого пожарно-безопасного конструктивно-технологического исполнения. В этих случаях, в частности, могут применяться вещества - антипирены для их структурной пропитки и/или тонкослойного поверхностного нанесения. Таким образом, дополнительно могут использоваться отдельные вещества или смеси веществ, предохраняющие материалы органического или синтетического происхождения от воспламенения и самостоятельного горения. В качестве антипиренов могут, в частности, использоваться гидрооксид алюминия, соединения бора, сурьмы, хлоридов, органические и неорганические соединения фосфора. Несущая внешняя поверхностная облицовочная звукопрозрачная оболочка 19 в этих случаях может быть изготовлена из микроперфорированных металлических материалов. Аналогичные пожаробезопасные требования по применению антипиренов могут, при необходимости, относиться к звукопрозрачным адгезионным покрытиям 22 и к обособленным дробленным фрагментированным звукопоглощающим элементам 15. В рассматриваемых конструктивно-технологических исполнениях, использование такого типа жаростойких элементов преимущественно может относиться лишь к локальным зонам их применения, а не в составе полного комплекта звукопоглощающей футеровки несущих ограждающих конструкций (стен 2, потолка

3) технического помещения 1. Удаленные от термонагруженных зон ШГТО 9 конструкции указанных акустических элементов (поз. 10, 24, 19, 22, 15) могут быть при этом изготовлены из других видов материалов, не требующих дополнительной обработки антипиренами или не требующих металлического исполнения, как это

5

Внешний поверхностный слой, образуемый адгезионно скрепленными между собой контактирующими гранями и ребрами отдельных образцов обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов 15, в составе ОЦКЗП 10, может формировать соответствующую монолитную воздухопродуваемую звукопоглощающую брикетированную структуру, которая, в свою очередь, адгезионно может сопрягаться с встречной поверхностью несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочки 19 в составе ОЦКЗП 10.

10

Для эффективной реализации дифракционно-диссипативных характеристик ОЦКЗП 10 диаметр проходного сечения d СПДДК 11 должен обеспечивать выполнение следующего условия:

15

$$d = (0,5 \dots 0,8)t \quad (2)$$

где t - габаритная толщина противолежащих торцевых граней ОЦКЗП 10.

Тем самым, реализуются физические процессы прохождения по образуемым СПДДК 11 распространяемых звуковых волн с возникающими сопутствующими дифракционно-диссипативными звукопоглощающими эффектами (см. схему на фиг. 9).

20

Дистанционный воздушный зазор k между тыльной стенкой 17 ОЦКЗП 10 и оппозитно противолежащей к ней поверхностью стен 2 или потолка 3 технического помещения 1 находится в диапазоне $(0,5 \dots 10)t$. Указанный габаритный диапазон ($k \leq (0,5 \dots 10)t$) позволяет устанавливать (регулировать) процесс низкочастотного поглощения звуковой энергии при достижении максимального эффекта поглощения звуковой энергии на четвертьволновом расстоянии ($\lambda_s/4$), определяемом от лицевой поверхности ОЦКЗП 10 до оппозитно размещенной к ней звукоотражающей поверхности стены 2 (потолка 3), на которой она смонтирована.

25

Использование СПДДК 11 в структуре ОЦКЗП 10, поверхность которых образована несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой (поз. 18), позволяет реализовать, в связи с этим, многочисленные физические принципы подавления (поглощения) распространения звуковой энергии (см. схему на фиг. 9). Этим достигается более эффективное результирующее диссипативное поглощение звуковой энергии за счет осуществления физических явлений, отмеченных выше в тексте описания заявки, таких как:

30

- возникающая дифракция распространяемых звуковых волн в краевых зонах открытых лицевых и тыльных концевых частей СПДДК 11, с их отклоняющимся (загибающимся) проникновением (прохождением) в противоположном направлении прямому распространению звуковых волн, с последующим диссипативным тепловым рассеиванием энергии в пористом воздухопродуваемом звукопоглощающем веществе 27, составленном из монолитного звукопоглощающего материала или обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов 15 (см. фиг. 9);

40

- дополнительное увеличение встречной площади поверхности падения и, соответственно, диссипативного поглощения звуковой энергии, обусловленное введением в пористой звукопоглощающей структуре ОЦКЗП 10 пустотелых формованных полостных емкостей, облицованных несущей внутренней воздухопродуваемой пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой 18, в виде

45

СПДДК 11 (см. фиг. 9);

- введение пустотелых формованных полостных емкостей, представленных СПДДК (поз. 11), в пористую воздухопродуваемую звукопоглощающую структуру (поз. 27) ОЦКЗП 10, способствует более плавному (менее скачкообразному) согласованию
5 волновых акустических сопротивлений в зонах граничного разделения упругих слоистых сред распространения звуковых волн (воздуха и панельного типа твердотелого пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27, представленного, в частности, обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими
10 элементами 15, заключенными в замкнутой внутренней полости, образованной несущей внешней поверхностной облицовочной звукопрозрачной оболочкой 19 и несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой 18), в сравнении с типичным плоскоповерхностным вариантом монолитной плосколистовой конструкции звукопоглощающей панели без выполненных в ней СПДДК 11 (не содержащей в итоге чередующихся внутренних воздушных полостей и межполостных перемычек,
15 образованных СПДДК 11), что способствует количественному уменьшению энергии отраженных звуковых волн и увеличению звукопоглощающего эффекта;

- уменьшение динамической жесткости (увеличение динамической податливости) используемого пористого скелета, формируемого дробленным звукопоглощающим
20 веществом (обособленные дробленные фрагментированные звукопоглощающие элементы 15), а также обусловленное дополнительной интеграцией пустотелых воздушных полостей в виде СПДДК 11 в структуры ОЦКЗП 10, что способствует процессу дополнительной диссипации распространяемой акустической энергии (см. фиг. 9);

- образование структурно-полостной акустической анизотропии, с реализацией
25 усиления физического процесса диссипативного рассеивания энергии распространяемых звуковых волн, вследствие звукопрозрачного введения (подключения) интегрированных в объемную структуру ОЦКЗП 10 пустотелых формованных полостных воздушных емкостей в виде СПДДК 11;

- образование структурной акустической анизотропии с дополнительными
30 диссипативными дифракционными поглощениями звуковой энергии вследствие дополнительного введения в объемную структуру пористого воздухопродуваемого дробленного звукопоглощающего вещества 27 обособленной ОЦКЗП 10 различного типа (разнообразных) твердотелых воздухонепродуваемых закрытоячеистых вспененных и/или плотных непористых структур полимерных материалов 21 (см. фиг. 10);

- реализация физических эффектов дополнительного поглощения звуковой энергии,
35 возникающих в узкощелевых воздушных зазорах, образующихся между оппозитными противоположащими торцевыми гранями 25 смонтированных ОЦКЗП 10, обуславливающих сопутствующее дополнительное диссипативное дифракционное поглощение звуковой энергии свободными концевыми краевыми зонами пористой
40 звукопоглощающей структуры ОЦКЗП 10 при огибании их в щелевых зонах распространяемыми звуковыми волнами (см. фиг. 11);

- реализация физических эффектов усиления низкочастотного четвертьволнового
поглощения отражаемой звуковой энергии от твердотелых стеновых (стен - поз. 2) и потолочных (потолка - поз. 3) панелей технического помещения 1 от введения заданных
45 воздушных зазоров к, образуемых между тыльными сторонами поверхностей ОЦКЗП 10 и оппозитно противоположащими звукоотражающими лицевыми поверхностями ограждающих стеновых конструкций (стен 2, потолка 3), см. фиг. 12;

- использование конструктивно-технологических исполнений пустотелых

формованных полостных емкостей, содержащих СПДДК 11, с применением звукопрозрачного тонкопленочного элемента (несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочки 18), позволяет осуществлять физические процессы прохождения звуковых волн из формованной полостной воздушной емкости, образованной несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой 18, в структуру пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27, находящегося в замкнутой внутренней полости ОЦКЗП 10, представленного монолитным звукопоглощающим веществом или обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими элементами 15, что предпочтительней, с реализацией физического процесса широкополосного по частотному составу диссипативного поглощения звуковой энергии.

Следует указать, что чрезмерная перфорация пористой структуры ОЦКЗП 10 большим количеством и большой площадью проходного сечения СПДДК 11, неизбежно влечет как потерю объемной массы пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27, так и уменьшение поверхностных зон дифракционно-диссипативного поглощения, локализирующихся в периметрических областях вокруг СПДДК 11, что в результате вызывает уменьшение звукопоглощающих свойств ОЦКЗП 10 в целом. Это обстоятельство требует решения компромиссной технической и стоимостной задачи.

Падающие прямые звуковые волны, излучаемые ШГТО 9, распространяемые и проникающие внутрь пористых структур составных звукопоглощающих элементов ОЦКЗП 10, попадая на их лицевые звукопрозрачные поверхности и проникая в пористые воздухопродуваемые звукопоглощающие вещества 27, монолитного типа или, что предпочтительнее, составленные из обособленных дробленных фрагментированных элементов 15, в них эффективно диссипативно рассеиваются с образуемым необратимым преобразованием звуковой энергии в теплоту. Это относится непосредственно как к микропористым структурам обособленных дробленных фрагментированных элементов 15, так и к сообщающимся макропористым извилистым воздушным каналам и полостям, образующимся между их неплотно (зазорно) располагаемыми или контактирующими гранями и ребрами. В процесс диссипативного поглощения звуковой энергии включаются, в том числе, и формованные полостные емкости, образуемые несущими внутренними пленочными эластичными звукопрозрачными оболочками 18 СПДДК (поз. 11).

Как следует из описания, представленного в качестве заявки на изобретение и приведенными результатами экспериментальных исследований на фиг. 13 и 14, техническое устройство низкошумного технического помещения наделено широкополосным по частотному составу эффектом звукопоглощения. Генерируемое ШГТО 9 широкополосное средне- и высокочастотное звуковое излучение подавляется используемыми в техническом устройстве пористыми звукопоглощающими диссипативными структурами пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27, составленного как из обособленных дробленных фрагментированных элементов 15 (фиг. 13), так и монолитного монтажного вспененного открытоячеистого пенополиуретана, и/или монолитного цельноформованного волокнистого материала ОЦКЗП 10 (фиг. 14). Реализуемые шумозаглушающие эффекты при этом дополнительно усиливаются возникающими краевыми дифракционно-диссипативными звукопоглощающими эффектами, а также возникающим диссипативным эффектом акустической анизотропии ввиду включения в пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее вещество 27, представленное в виде монолитного

звукопоглощающего вещества или в звукопоглощающую структуру, составленную из обособленных дробленных фрагментированных элементов 15, образованных воздухопродуваемыми пористыми звукопоглощающими частицами утилизируемых материалов, в том числе из-за введения определенного дозированного количества и его соответствующим объемным распределением дробленных фрагментов, 5 изготовленных из воздухо непродуваемых закрытоячеистых вспененных и/или плотных непористых структур полимерных материалов 21 в смеси с обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими элементами 15. Также в усиление процесса поглощения звуковой энергии включаются физические явления акустической анизотропии, формируемой пустотелыми воздушными формованными полостными 10 емкостями СПДДК (поз. 11), интегрированных в состав объемной структуры пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества 27 (монолитного типа или составленного из обособленных дробленных фрагментированных элементов 15) ОЦКЗП 10. Кроме этого, сопутствующее дифракционное диссипативное поглощение звуковой энергии реализуется в краевых зонах открытых лицевых и тыльных частей СПДДК 15 (поз. 11), а также в концевых краевых зонах торцевых граней 25 зазорно смонтированных ОЦКЗП 10. Преднамеренная реализация заданных воздушных зазоров, образуемых между тыльными сторонами 17 поверхностей ОЦКЗП 10 и оппозитно противоположащими звукоотражающими поверхностями ограждающих стеновых конструкций (стен 2, 20 потолка 3), также обеспечивает увеличение эффектов звукопоглощения в низкочастотном звуковом диапазоне. Также, усиливается подавление звукового излучения в низкочастотном диапазоне за счет выполнения в структуре пористого воздухопоглощающего вещества 27 ОЦКЗП 10 СПДДК (поз. 11) и введения воздушных зазоров к.

Эффективность заявляемого технического решения подтверждается результатами 25 выполненных экспериментальных исследований. Проведенные на фиг.13 результаты экспериментальных исследований звукопоглощающих характеристик макетных образцов ОЦКЗП (поз. 10), содержащих пористое воздухопродуваемое звукопоглощающее 30 вещество (поз. 27), с выполненными в их структуре соответствующими СПДДК (поз. 11), стенки которых образованы несущей внутренней пленочной эластичной звукопрозрачной оболочкой (поз. 18). Эксперименты проводились с использованием малогабаритной реверберационной камеры «Кабина Альфа», объем воздушной полости 35 которой составлял $6,45 \text{ м}^3$, а рабочий частотный диапазон измерений охватывал $1/3$ октавные полосы частот с центрами $400 \dots 10000 \text{ Гц}$. В качестве составных элементов макетных образцов ОЦКЗП (поз. 10) использовались брикеты пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества (поз. 27), изготовленного из обособленных дробленных фрагментированных звукопоглощающих элементов (поз. 40 15), помещенных в звукопрозрачные емкостные полости, выполненные из слоя полиэстеровой пленки, толщиной $0,012 \text{ мм}$. Два варианта макетных образцов ОЦКЗП (поз. 10) габаритными размерами $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 50 \text{ мм}$ содержали встроенные в их объемных структурах СПДДК (поз. 11) диаметром проходного сечения $d=50 \text{ мм}$ в количестве 5 шт. и 9 шт. Для оценки достигаемых эффектов изменения значений реверберационного коэффициента звукопоглощения α_{rev} , в качестве опорной 45 сопоставительной базы был использован третий макетный образец, изготовленный из пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего материала идентичного структурного и химического состава и габаритных размеров без интегрированных в нем СПДДК (поз. 11). Как следует из приведенных результатов экспериментальных

исследований, выполнение в структуре пористого звукопоглощающего вещества (поз. 27) макетных образцов ОЦКЗП (поз. 10) СПДДК (поз. 11), позволяет увеличивать на 20...23% значение реверберационного коэффициента звукопоглощения α_{rev} во всем контролируемом рабочем частотном диапазоне 1/3 октавных полос звукового спектра 400...10000 Гц.

Достижимые потенциальные эффекты увеличения звукопоглощающих свойств используемых ОЦКЗП (поз. 10) при их монтажных воздушно-зазорных компоновках по отношению к беззазорным установкам с монтажом на жесткой звукоотражающей поверхности пола испытательной камеры подтверждаются приведенными на фиг. 14 соответствующими результатами экспериментальных исследований. Измерения реверберационного коэффициента звукопоглощения α_{rev} производились в малогабаритной реверберационной камере «Кабина Альфа» с применением макетных образцов ОЦКЗП 10, изготовленных из монолитного пористого воздухопродуваемого звукопоглощающего вещества (поз. 27), выполненных из плосколистого пористого цельноформованного волокнистого звукопоглощающего материала габаритными размерами образца $l \times b \times h = 1000 \times 1000 \times 20$ мм. Имитация беззазорного монтажа ОЦКЗП 10 предусматривала их непосредственную установку на жесткую звукоотражающую поверхность пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа». Имитация зазорного монтажа ОЦКЗП 10 осуществлялась с помощью дополнительного применения жесткой звукопрозрачной установочной платформы, выполненной в виде плоской крупноячеистой (габариты ячеек - 20×20 мм) металлической сетки, поверхность которой находилась с заданным воздушным зазором ($k=300$ мм) над жесткой звукоотражающей поверхностью пола малой реверберационной камеры «Кабина Альфа». Эксперименты выполнялись при вариантах открытых и дополнительно звукоизолированных торцевых граней (поз. 25) исходного макетного образца ОЦКЗП 10, а также при ее фрагментированном дроблении на 8 идентичных частей габаритными размерами $l \times b \times h = 250 \times 250 \times 20$ мм. Задаваемые воздушные зазоры между oppositно противоположащими торцевыми гранями 25 фрагментированных частей ОЦКЗП 10 составляли величину $\gamma = 10$ мм. Как иллюстрируют приведенные результаты измерений, возрастание эффектов поглощения звуковой энергии достигается как при зазорной компоновке ОЦКЗП 10 относительно звукоотражающих поверхностей ограждающих конструкций (k), так и с сопутствующей узкощелевой зазорной установкой (γ), образующейся между их oppositно противоположащими торцевыми гранями (поз. 25).

Заявляемое техническое решение в виде изобретения не ограничивается конкретными конструктивными примерами его осуществления, описанными в тексте и показанными на прилагаемых схемах. Остаются возможными и некоторые (несущественные) изменения различных составных элементов или конструкционных материалов, из которых эти элементы выполнены, либо замена их технически эквивалентными, не выходящими за пределы объема притязаний, обозначенного формулой изобретения.

(57) Формула изобретения

Низкошумное техническое помещение, содержащее несущие ограждающие элементы в виде пола, стен и потолка, на которых соответствующими крепежными элементами, с образованием дистанционных воздушных зазоров k и γ , закреплены обособленные цельноформованные комбинированные звукопоглощающие панели, представленные оболочковыми конструктивно-технологическими исполнениями в виде прямоугольного поперечного сечения обособленных цельноформованных комбинированных

звукопоглощающих панелей, составленными из соответствующих звукопрозрачных материалов и звукопоглощающих веществ, помещенных в полости внешних и внутренних поверхностных облицовочных звукопрозрачных оболочек, перекрытых внешним поверхностным защитным облицовочным звукопрозрачным слоем

5 соответствующего материала, звукопоглощающие вещества представлены пористыми воздухопродуваемыми звукопоглощающими структурами монолитного типа или обособленными дробленными фрагментированными звукопоглощающими элементами, отличающееся тем, что внутренние поверхностные облицовочные звукопрозрачные оболочки образуют сквозные перепускные дифракционно-диссипативные каналы,

10 сообщающие поверхности несущих внешних поверхностных облицовочных звукопрозрачных оболочек и внешних поверхностных защитных облицовочных звукопрозрачных слоев материалов противоположных торцевых граней обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей, при этом диаметры сквозных перепускных дифракционно-диссипативных каналов d удовлетворяют

15 соотношению:

$$d=(0,5\dots 0,8)t,$$

где t - габаритная толщина торцевых граней обособленных цельноформованных комбинированных звукопоглощающих панелей;

k - дистанционный воздушный зазор, образуемый между тыльной поверхностью смонтированной обособленной цельноформованной комбинированной

20 звукопоглощающей панели и opposитно расположенной к ней противоположащей поверхностью стены или потолка технического помещения;

γ - дистанционный воздушный зазор, образуемый между opposитно противоположащими поверхностями торцевых граней смонтированных обособленных цельноформованных

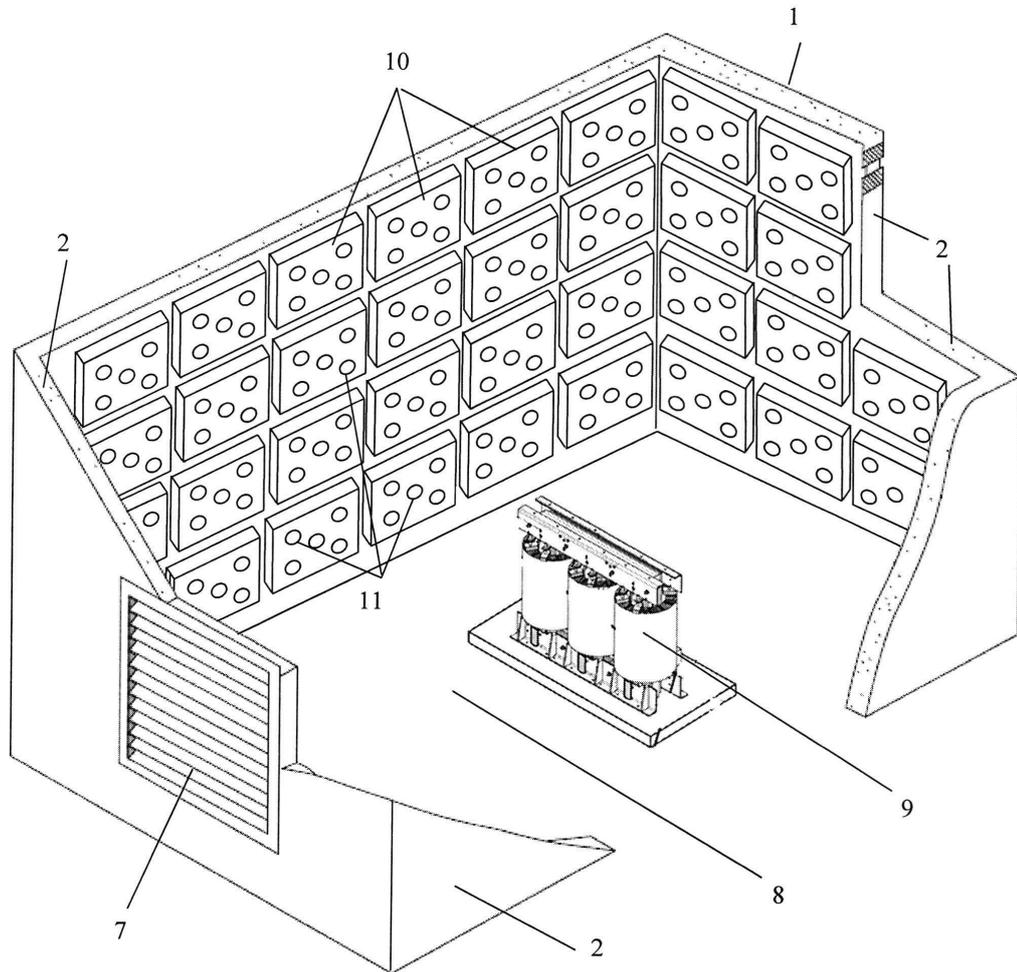
25 комбинированных звукопоглощающих панелей.

30

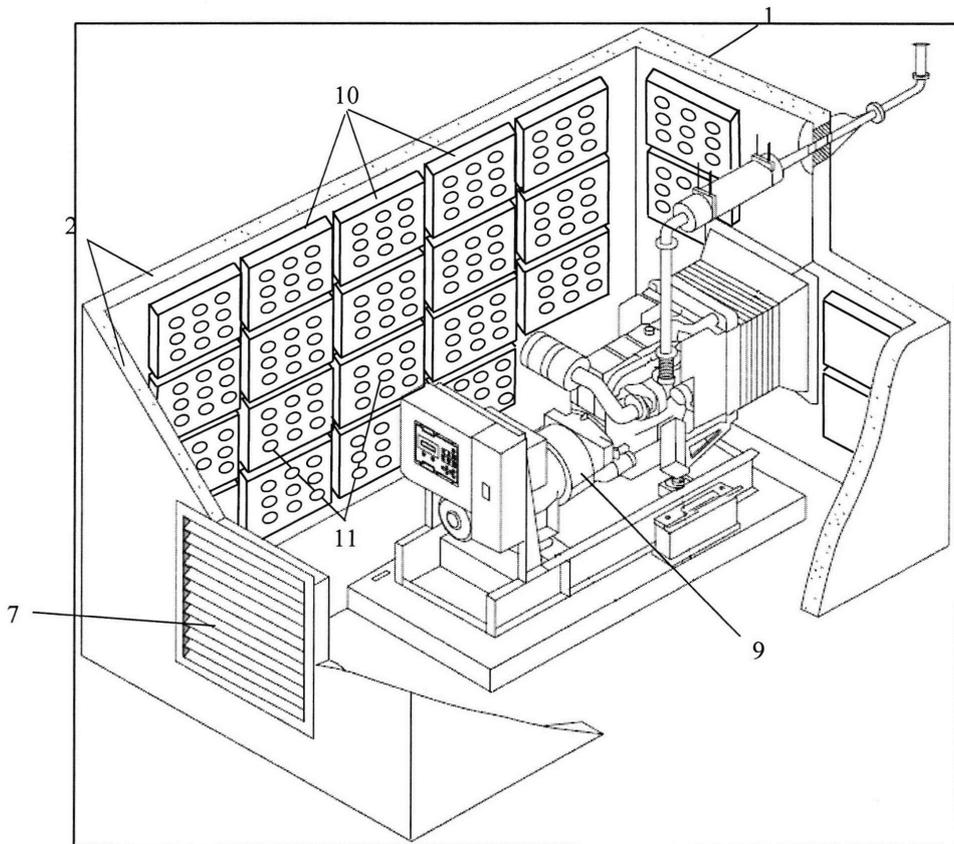
35

40

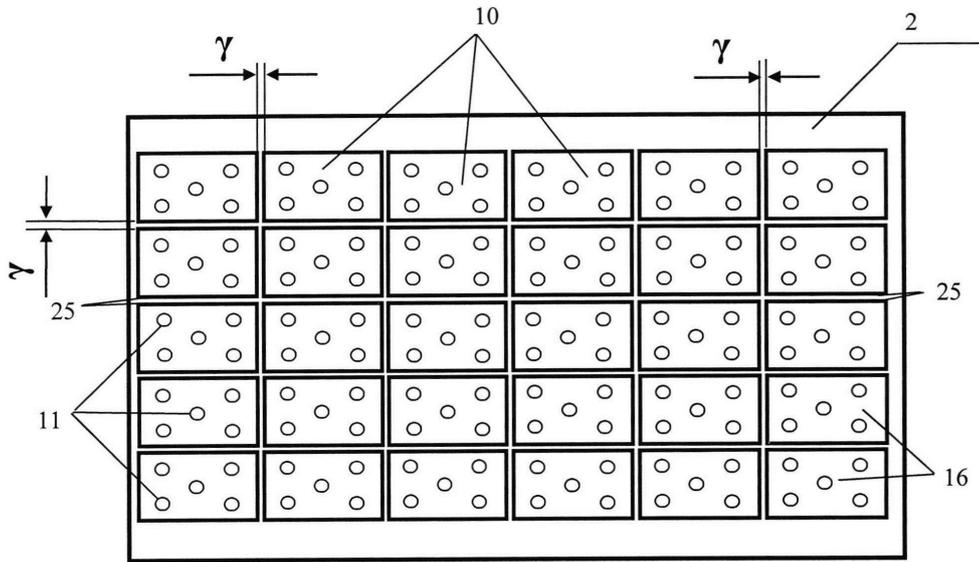
45



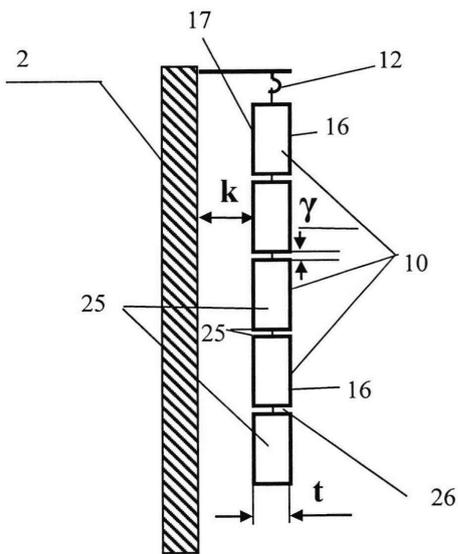
ФИГ. 2



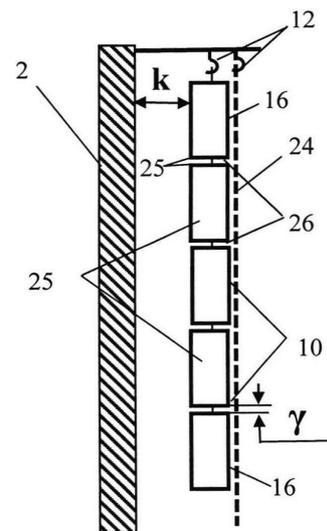
ФИГ. 3



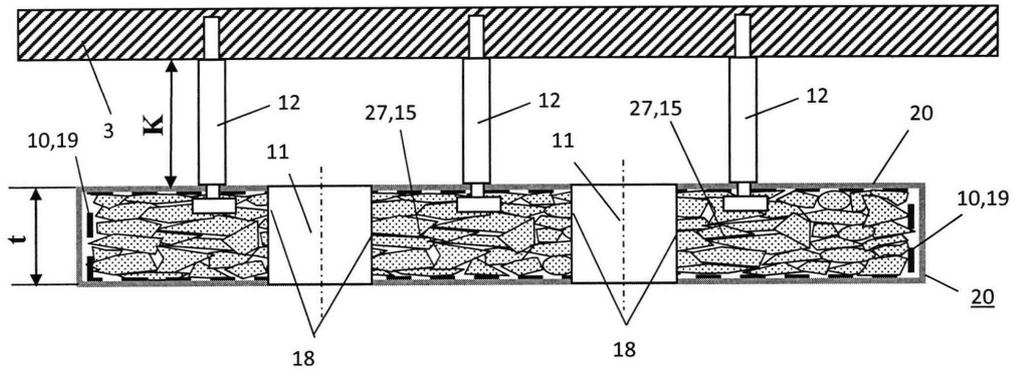
ФИГ. 4



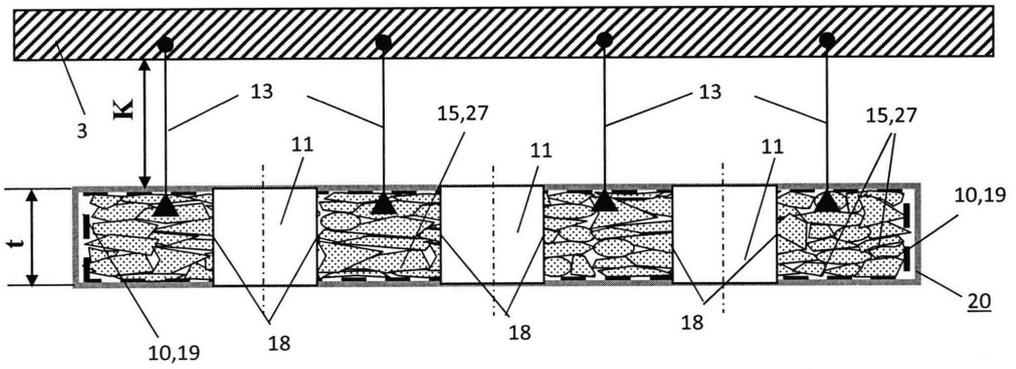
ФИГ. 5



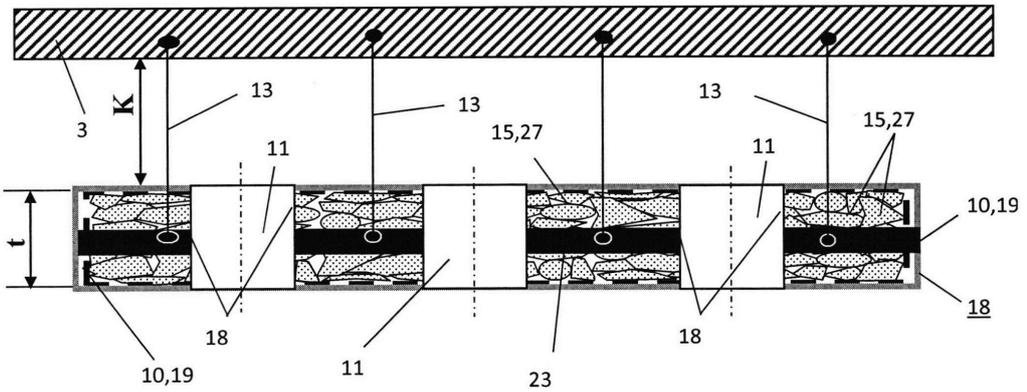
ФИГ. 6



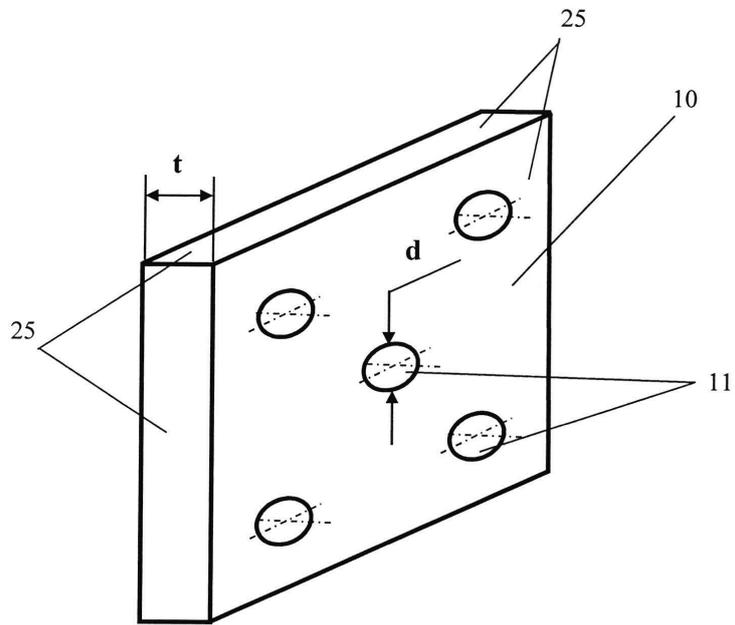
ФИГ. 7а



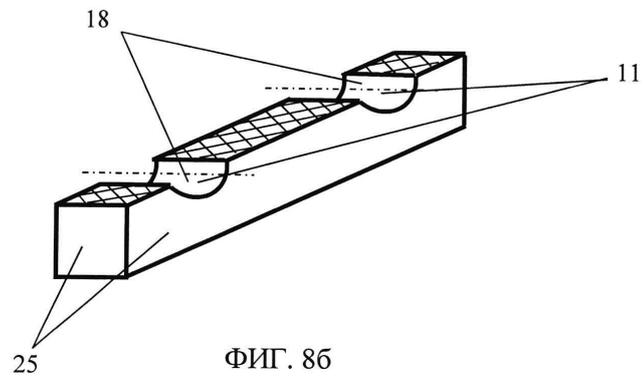
ФИГ. 7б



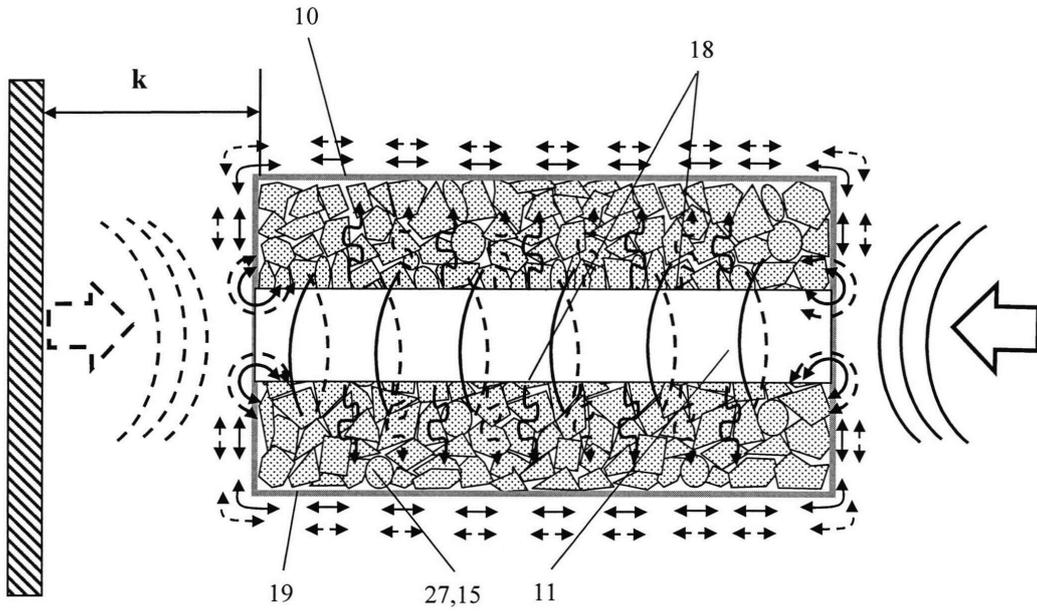
ФИГ. 7в



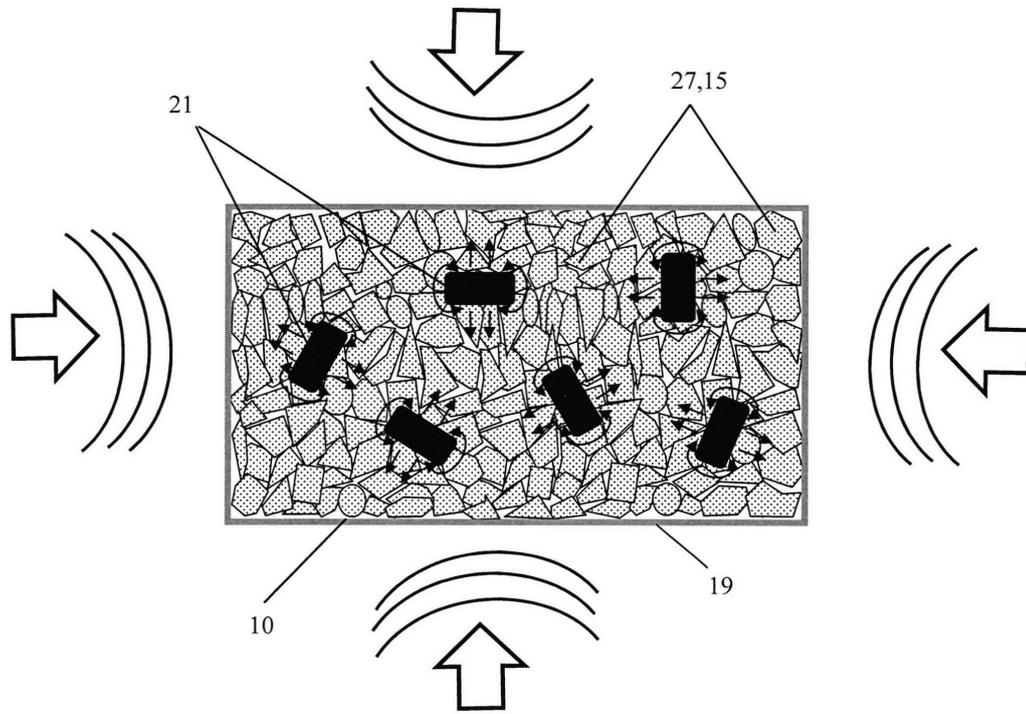
ФИГ. 8а



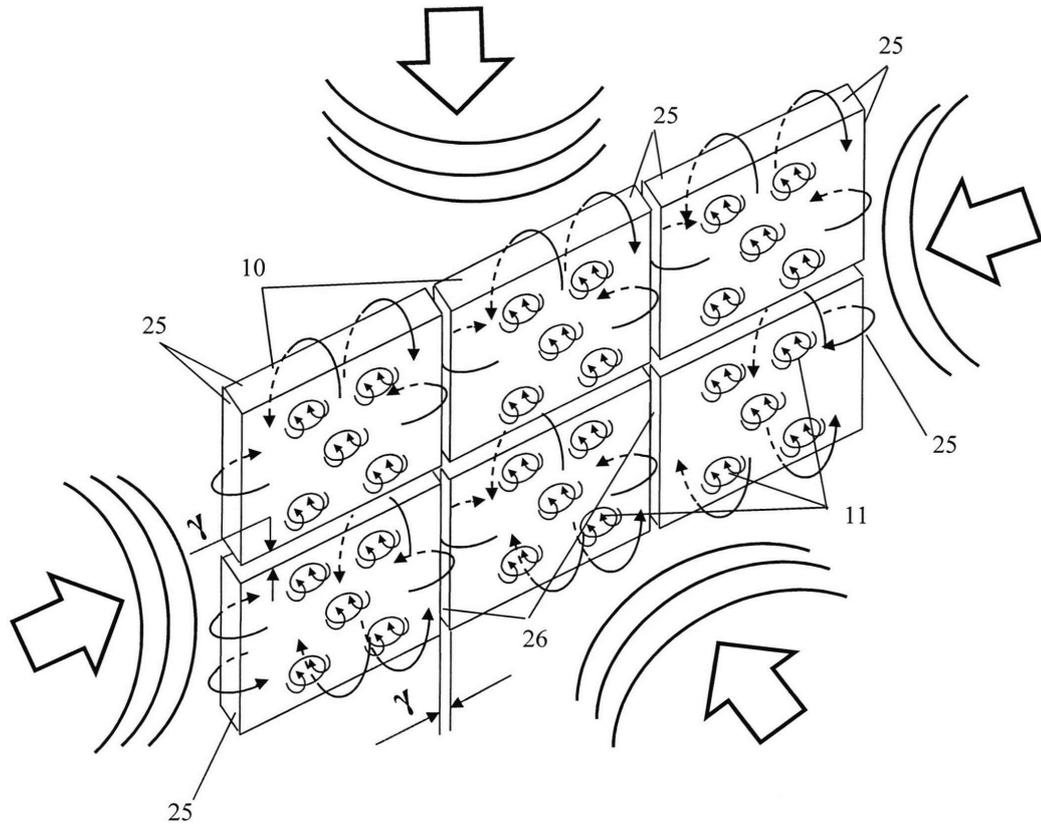
ФИГ. 8б



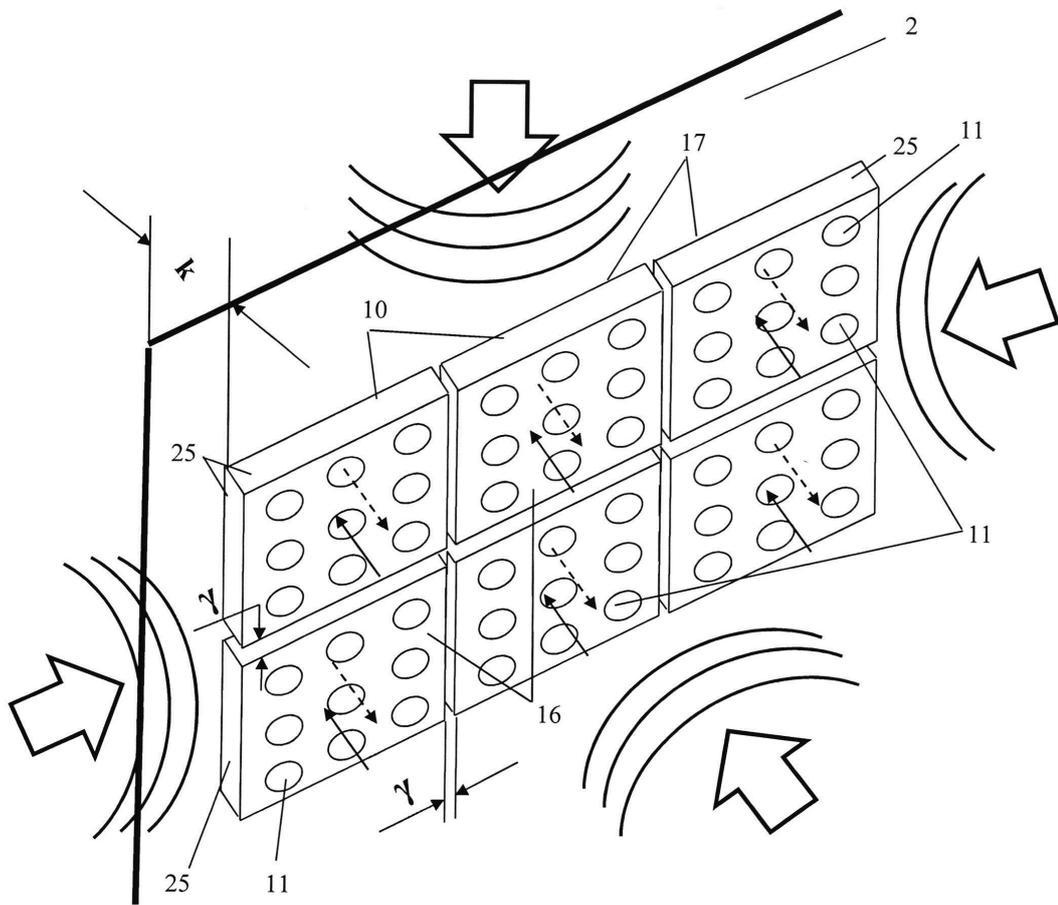
ФИГ. 9



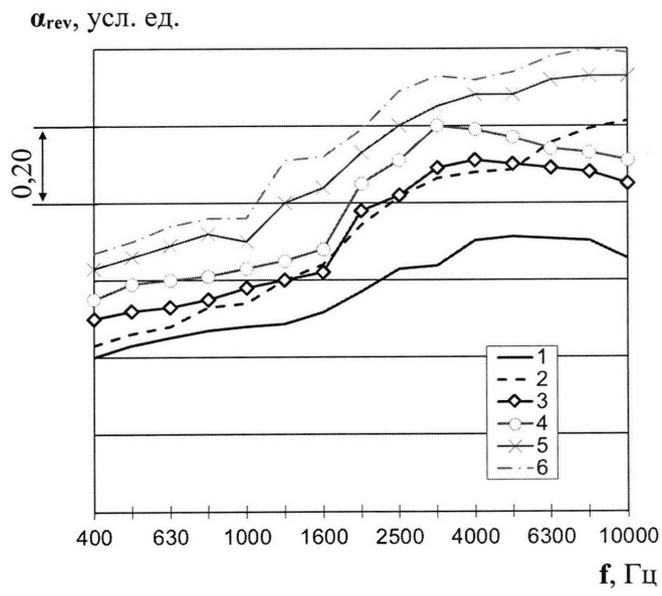
ФИГ. 10



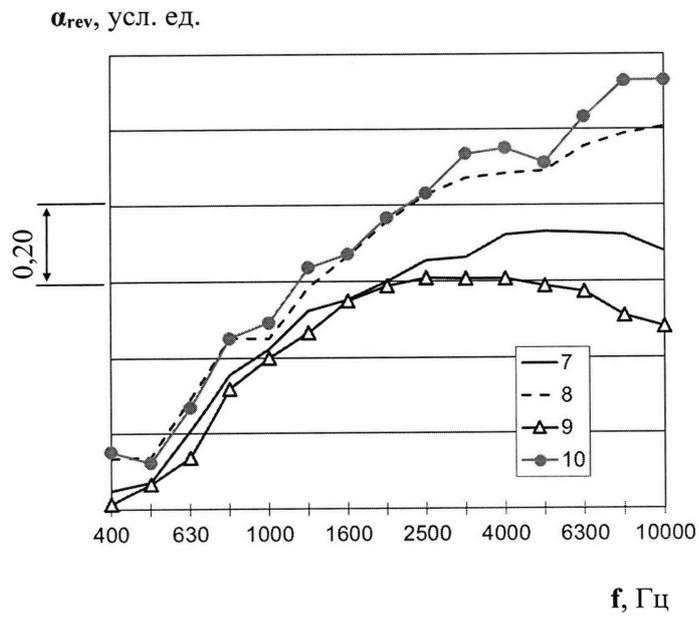
ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14