

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU⁽¹¹⁾ **2 593 401**⁽¹³⁾ C1

(51) МПК

E04B 1/84 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2015106452/03](#), 25.02.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.02.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.02.2015

(45) Опубликовано: [10.08.2016](#) Бюл. № [22](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2265251 C2, 27.11.2005. RU 73004 U1, 10.05.2008. RU 2083775 C1, 10.07.1997. RU 11519 U1, 16.10.1999. RU 2533697 C2, 20.11.2014. DE 3219339 C1, 03.02.1983..

Адрес для переписки:

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября,
84, корп. 1, Воронежский ГАСУ, Сектор
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Устинов Юрий Федорович (RU),
Муравьев Владимир Александрович (RU),
Гольцов Дмитрий Николаевич (RU),
Чернышев Дмитрий Игоревич (RU),
Кравченко Андрей Альбертович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

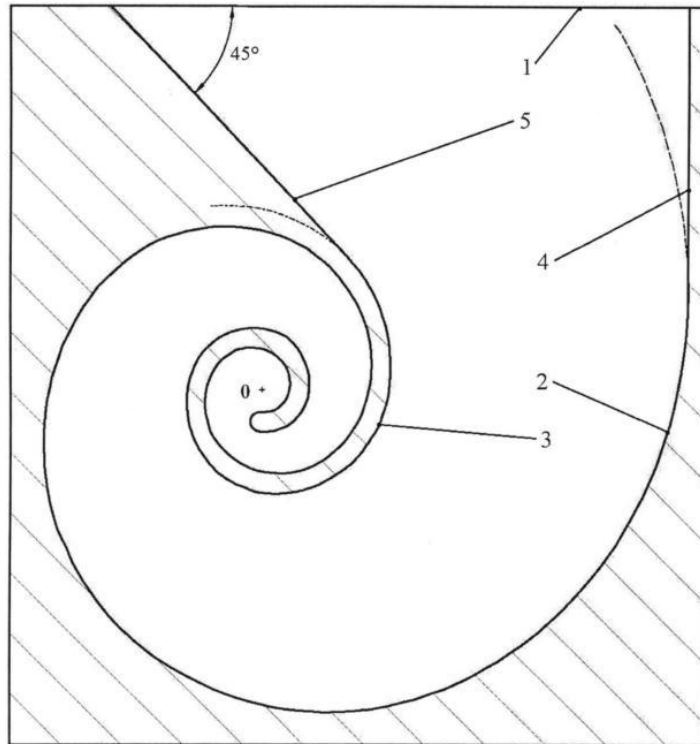
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Воронежский государственный
архитектурно-строительный
университет" (RU)

(54) ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩАЯ ПАНЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области строительства, а именно к строительным конструкциям, стенам и перегородкам, поглощающим вредное для человека звуковое излучение. Звукопоглощающая панель пористого строения имеет на лицевой стороне объемные элементы, размещенные по квадратной решетке или в шахматном порядке. Объемные элементы выполняют в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели входное отверстие для звуковой волны. В сечении объемного элемента плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности панели, стенки полости изготовлены в форме двух равноотстоящих друг от друга логарифмических спиралей. У входного отверстия первая спираль касается стенки полости, перпендикулярной лицевой стороне панели, а вторая спираль касается стенки полости, наклоненной под углом 45 градусов к лицевой стороне панели. Длина L полости, сделанной по контуру логарифмической спирали, принята равной четверти длины волны звука на низшей частоте в воздушной среде при стандартных атмосферных условиях. Коэффициент a , отвечающий за расстояние между витками спирали, определяется по

формуле: $L = (\sqrt{1 + \ln^2 a}) \cdot (a^{\varphi_2} - a^{\varphi_1}) \ln a$, где φ_1 и φ_2 - соответственно начальное и конечное значения полярного угла. Изобретение позволяет повысить эффективность звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля. 5 ил., 1 табл.



Фиг. 3

Изобретение относится к области строительства, а именно к строительным конструкциям, стенам и перегородкам, поглощающим вредное звуковое излучение для защиты человека от шума внутри помещений, например, при работе машин.

Известны плоские звукопоглощающие панели [1, с. 234] пористого строения, имеющие большое число открытых, сообщающихся между собой пор. Звуковая волна, заходя в поры материала, вызывает колебание находящихся там молекул воздуха. За счет трения, возникающего между этими молекулами, а также между молекулами воздуха и материалом вокруг поры, звуковая волна угасает, переходя в тепло. Недостатком этих панелей является недостаточная эффективность звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля.

Наиболее близким аналогом является объемная звукопоглощающая панель [1, с. 234] пористого строения, имеющая на лицевой стороне объемные элементы в виде сферы, куба, конуса, клина и размещенные по квадратной решетке или в шахматном порядке [1, с. 239-240], [2, с. 384-385].

Дополнительное звукопоглощение происходит за счет отражения звуковой волны поверхностями объемных элементов панели. Недостатком такой панели также является недостаточная эффективность звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля.

Задача изобретения - повышение эффективности звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля.

Поставленная задача достигается тем, что объемные элементы выполняют в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели входное отверстие для звуковой волны, а в сечении объемного элемента плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности панели, стенки полости выполнены в форме двух равноотстоящих друг от друга логарифмических спиралей, у входного отверстия первая спираль касается

стенки полости, перпендикулярной лицевой стороне панели, а вторая спираль касается стенки полости, наклоненной под углом 45 градусов к лицевой стороне панели, длина полости, сделанной по контуру логарифмической спирали, принята равной четверти длины волны звука на низшей частоте в воздушной среде при стандартных атмосферных условиях, коэффициент «а», отвечающий за расстояние между витками первой спирали, определяется по формуле:

$$L = (\sqrt{1 + \ln^2 a}) \cdot (a^{\varphi_2} - a^{\varphi_1}) \ln a,$$

где φ_1 и φ_2 - соответственно начальное и конечное значения полярного угла.

На фиг. 1 показан вид на объемные элементы, выполненные в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели отверстие прямоугольной формы.

На фиг. 2 и 3 показаны сечения объемных элементов плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности панели.

На фиг. 4 показана схема улитки во внутреннем ухе человека.

На фиг. 5 показаны два интерферометра, изготовленные в соответствии с ГОСТ 16297-80 и использованные для проведения испытаний звукопоглощающей панели.

Объемная звукопоглощающая панель имеет на лицевой стороне размещенные по квадратной решетке или в шахматном порядке объемные элементы, вид которых показан на фиг. 1. Объемные элементы выполнены в виде полости в теле панели, имеющей на лицевой стороне 1 панели (фиг. 1) входное отверстие для звуковой волны. На фиг. 1 входное отверстие имеет прямоугольную форму.

В сечении объемного элемента плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности 1 панели (фиг. 2, фиг. 3), стенки полости изготовлены в виде двух равноотстоящих логарифмических спиралей 2 и 3.

Выполнение объемных элементов в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели входное отверстие для звуковой волны и выполнение стенок полости в сечении объемного элемента плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности панели в виде двух равноотстоящих логарифмических спиралей, повышает эффективность звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля. Аналогичную форму полости имеет улитка внутреннего уха человека. Венгерский ученый Д. Бекеши (1899-1972), получивший в 1961 г. Нобелевскую премию за исследования природы слуха, в 1928 г. построил механическую модель улитки, находящейся во внутреннем ухе человека. Подавая на вход улитки механические звуковые колебания, он установил, что вибрации разной частоты вынуждают колебаться разные участки мембраны. Высокие тона деформируют ее часть, примыкающую к среднему уху, а низкие тона вызывают деформации в дальнем конце [3]. На схеме улитки внутреннего уха человека (фиг. 4) указаны области базальной (основной) мембраны, возбуждаемые колебаниями различных частот. За счет отражения звуковой волны разной частоты различными участками стенок полости звукопоглощающей панели, выполненными в виде двух равноотстоящих логарифмических спиралей, эффективность звукопоглощения повышается.

У входного отверстия первая спираль 2 касается стенки 4 полости, перпендикулярной лицевой стороне 1 панели, а вторая спираль 3 касается стенки 5 полости, наклоненной под углом 45 градусов к лицевой стороне 1 панели (фиг. 3).

Выполнение спирали 2 по касательной к стенке 4 полости, перпендикулярной лицевой стороне 1 панели у входного отверстия, а спирали 3 - по касательной к стенке 5 полости, наклоненной к лицевой стороне 1 панели под углом 45 градусов (фиг. 3), увеличивает размеры входного отверстия для звуковой волны и обеспечивает прохождение звуковой волны в полость звукопоглощающей панели.

Длина L полости, сделанной по контуру логарифмической спирали, принята равной четверти длины λ волны звука на низшей частоте f звуковых колебаний в воздушной среде при стандартных атмосферных условиях (при температуре $t=20^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении $P=101325 \text{ Па}$):

$$L = 0,25\lambda = 0,25C/f \quad (1)$$

где C - скорость звука в воздушной среде при стандартных атмосферных условиях ($C=330$ м/с).

Построение логарифмической спирали выполняется в векторной системе координат с помощью формулы [4]:

$$\rho = a^\varphi, \quad (2)$$

где ρ - радиус-вектор точки логарифмической спирали;

a - коэффициент, отвечающий за расстояние между витками спирали;

φ - полярный угол;

Длина L логарифмической спирали между ее двумя точками $M_1(\rho_1, \varphi_1)$ и $M_2(\rho_2, \varphi_2)$ определяется формулой [4]:

$$L = (\sqrt{1 + \ln^2 a}) \cdot (a^{\varphi_2} - a^{\varphi_1}) \ln a, \quad (3)$$

где φ_1 и φ_2 - соответственно начальное и конечное значения полярного угла точек спирали.

Из этой формулы при заданной длине L логарифмической спирали нельзя в явном виде выразить « a ». Поэтому по длине полости L , вычисленной по формуле (1), и принятым начальным и конечным значениям полярных углов φ_1 и φ_2 по формуле (3) определяется значение коэффициента « a ». Затем с использованием формулы (2) выполняется построение логарифмической спирали.

Например, по формуле (1) при принятом значении низшей частоты звуковых колебаний $f=100$ Гц:

$$L = 0,25C/f = 0,25 \cdot 330/100 = 0,825 \text{ м.}$$

Начальные и конечные значения полярных углов φ_1 и φ_2 логарифмической спирали ограничиваются толщиной панели и значением коэффициента « a » спирали. Принятые значения φ_1 и φ_2 : $\varphi_1 = -0,5\pi$; $\varphi_2 = 4\pi$.

По формуле (3) на компьютере получено значение коэффициента « a » спирали: $a = 1,2679$.

Для определения нормальных коэффициентов звукопоглощения звукопоглощающей панели проведены испытания методами, соответствующими ГОСТ 16297-80 [5]. Для испытаний использовались два интерферометра, показанные на фиг. 5. В соответствии с ГОСТ 16297-80 при частотном диапазоне измерений 50...500 Гц сторона квадрата в поперечном сечении трубы интерферометра 1 (фиг. 5) принята равной 0,25 м, а длина трубы - 1 м; при частотном диапазоне измерений 125...2000 Гц сторона квадрата в поперечном сечении интерферометра 2 (фиг. 5) принята равной 0,1 м, а длина трубы - 1 м. Для испытаний были подготовлены образцы кубической формы с одной полостью на лицевой стороне (фиг. 1) и длиной грани 0,25 м и 0,1 м. Материал образцов - пеноплекс.

Звукопоглощающая панель пористого строения устанавливается в помещении так, чтобы она своей лицевой стороной 1 (фиг. 1), имеющей входные отверстия для звуковой волны, была обращена внутрь помещения, в котором необходимо выполнить защиту людей от шума.

Материал панели имеет большое число открытых, сообщающихся между собой пор. Звуковая волна, заходя в поры материала, вызывает колебание находящихся там молекул воздуха. За счет трения, возникающего между этими молекулами, а также между молекулами воздуха и материалом вокруг поры, звуковая волна угасает, переходя в тепло.

Через отверстия на лицевой стороне панели звуковая волна заходит в полости, выполненные по контуру логарифмической спирали, и в основном эффективное звукопоглощение происходит за счет отражения звуковой волны различными участками полостей в широком интервале частот акустического поля.

Высокая эффективность звукопоглощения панели подтверждена экспериментально. Значения коэффициентов звукопоглощения α , полученные по

результатам испытаний образцов панели на интерферометрах при различных значениях частоты звуковой волны, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов звукопоглощения α , полученные по результатам испытаний образцов звукопоглощающих панелей

Частота звуковой волны f , Гц	Образец с длиной грани 0,25м	Образец с длиной грани 0,1м
50	0,811	
63	0,863	
80	0,879	
100	0,883	
125	0,886	0,884
160	0,890	0,891
200	0,920	0,915
250	0,934	0,935
315	0,942	0,943
400	0,953	0,955
500		0,962
630		0,965
800		0,971
1000		0,978
1250		0,981
1600		0,983
2000		0,987

Источники информации

1. Борьба с шумом на производстве. Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др. Под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Машиностроение, 1985. - 399 с.
2. Снижение шума в зданиях и жилых районах. Г.П. Осипов, Е.Я. Юдин, Г. Хюбнер и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Стройиздат, 1987.
3. Д. Меркулов. Заглянем в улитку. Слух с точки зрения инженера. Журнал «Наука и жизнь», 2006, №10.
4. Савелов А.А. Плоские кривые, М., 1960.
5. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний. ГОСТ 16297-80. Издание официальное. Государственный строительный комитет СССР. М. Издательство стандартов, 1988.