



УКРАЇНА

(19) UA (11) 9518 (13) A

(51) G 10 K 15/08

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.Публікується
в редакції заявника(54) СПОСІБ ОПЕРАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ ЗВУКУ В
ПРИМІЩЕННЯХ (ВАРІАНТИ)

1

(21) 94052757
 (22) 24.05.94
 (46) 30.09.96. Бюл. № 3
 (56) Авторское свидетельство СССР № 1516585, кл. Е 04 В 1/82, 5/52.
 (71) Абракітова Лідія Олександрівна
 (72) Абракітова Лідія Олександрівна, Абракітов Володимир Едуардович
 (73) Абракітова Лідія Олександрівна (UA)
 (57) 1. Способ оперативного регулювання
 времени реверберации звука в помещениях,
 которые облицовывают звукоизолирующими
 панелями, содержащими вакуумированные
 полости, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что
 осуществляют принудительное изменение

2

давления газа, находящегося в указанных
 вакуумированных полостях, например по-
 средством дополнительно подключенного к
 ним вакуумного насоса.

2. Способ оперативного регулирования
 времени реверберации звука в помещениях,
 которые облицовывают звукоизолирующими
 панелями, содержащими вакуумированные
 полости, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что
 осуществляют принудительное изменение
 температуры газа, находящегося в указан-
 ных вакуумированных полостях, например
 посредством дополнительно введенного в
 конструкцию звукоизолирующих панелей
 теплообменника.

Изобретение относится к области акусти-
 ки, а именно к техническим средствам, позво-
 ляющим принудительно и оперативно изме-
 нять время реверберации звука в помещени-
 ях. Избыточное время реверберации звука
 приводит к неприятной гулкости помещения,
 недостаточная к резко отрывистому звуча-
 нию, лишенному музыкальной "сочности". Та-
 ким образом, в конструкциях разнообраз-
 ных помещений, например, зрительных залов,
 театров, дискотек и т.п., а также конструкциях
 специально создаваемых реверберационных
 камер возникает необходимость регулировки
 времени реверберации, для чего и может быть
 применено предлагаемое изобретение.

Известен способ оперативного регули-
 рования времени реверберации звука в по-

мещениях, заключающийся в изменении
 конфигурации и площади отражающих звук
 поверхностей в таких помещениях. Напри-
 мер, эффект изменения времени ревербера-
 ции звука наблюдается даже при простой
 перестановке мебели в помещении. Также
 этот способ реализуется в устройстве [1],
 представляющем собой акустический под-
 весной потолок, состоящий из акустических
 объемных элементов, включающих V-образ-
 ные звукопоглотители, каждый из которых
 помещен на звукопроницаемую оболочку
 постоянной ширины и имеет между сходя-
 щимися гранями щели с поперечным сече-
 нием в форме трапеции, меньшее основание
 которых соответствует длине звуковой вол-
 ны преобладающих низкочастотных состав-

(19) UA (11) 9518 (13) A

ляющих звука, причем V-образные элементы выполнены с переменным углом раскрытия вдоль оси и размещены с отнесом от звукоотражающей поверхности щели, образованной гранями соседних элементов. Изменяя угол раскрытия U-образных элементов акустического подвесного потолка, изменяют время реверберации звука в помещении, где он установлен. Для облицовки помещения могут быть использованы звукоизолирующие панели, содержащие вакуумированные полости.

Таким образом следует считать, что известен способ оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях [1], которые облицовывают звукоизолирующими панелями, содержащими вакуумированные полости, после чего изменяют конфигурацию и площадь отражающих звук поверхностей в таких помещениях (прототип).

Этот известный способ характеризуется следующими недостатками: сложность, непрактичность. Например, изменение времени реверберации в зрительном зале, оборудованном описанным устройством для реализации данного способа, требует наличия сложных и громоздких механизмов для изменения конфигурации подвесного потолка, причем это изменение конфигурации должно быть осуществлено непосредственно во время представления, и сопровождается, помимо всего, значительным шумом и вибрацией, что отвлекает зрителей от сцены или экрана, обращая их внимание на изменение конфигурации потолка. Указанный пример иллюстрирует такой недостаток известного способа, как его неудобство применения.

Этот известный способ не решает задачу принудительного изменения коэффициента пропускания звука через вакуумированную полость звукоизолирующей панели (устройства для осуществления данного способа), которыми облицовывают помещения - согласно прототипу коэффициент пропускания звука является постоянной, а не переменной величиной.

Задачей изобретения является обеспечение несложной и удобной в пользовании возможности оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях за счет изменения характеристик используемых для облицовки помещения звукоизолирующих панелей с вакуумированными полостями.

Поставленная задача достигается тем, что способ оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях, которые облицовывают звукоизолирующими

панелями, содержащими вакуумированные полости, согласно изобретению, предусматривает два варианта такого регулирования. Согласно первому из них осуществляют принудительное изменение давления газа, находящегося в указанных вакуумированных полостях, например, посредством дополнительно подключенного к ним вакуумного насоса. Согласно второму из них осуществляют принудительное изменение температуры газа, находящегося в указанных вакуумированных полостях, например, посредством дополнительно введенного в конструкцию звукоизолирующих панелей теплообменника.

Техническим результатом изобретения является упрощение и удешевление манипуляций по оперативному регулированию времени реверберации звука.

Изменение температуры или давления газа в вакуумированной полости звукоизолирующей панели влечет за собой изменение плотности газа, следовательно, изменение коэффициента пропускания звука, соответственно, изменение коэффициента звукопоглощения звукоизолирующих панелей, используемых для облицовки реверберирующего помещения, что в конечном итоге ведет к изменению времени реверберации звука в таком помещении.

Поскольку оба варианта предлагаемого изобретения направлены на решение одной и той же технической задачи - регулирование времени реверберации и предлагают ее решение двумя различными путями, следует считать, что оба варианта способа оперативного регулирования времени реверберации звука в помещениях связаны между собой единым изобретательским замыслом.

Сущность изобретения заключается в следующем.

Согласно [Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Осипова Г.Л. и Юдина Е.Я. М.: Стройиздат, 1987, с. 248 - 249] время реверберации определяется по формулам Эйринга:

$$T = 0,162V / (S \cdot \ln(1 - \alpha)) \quad (1)$$

и Сэбина (при малых значениях α):

$$T = 0,162V / (S \cdot \alpha) \quad (2)$$

где: T - время реверберации, с;

V - объем помещения, м³;

S - площадь ограждающих конструкций помещения, м²;

α - коэффициент звукопоглощения поверхности, характеризующий потери энергии

на преобразование в тепло и пропускание (прохождение через преграду). В настоящем описании коэффициент звукопоглощения поверхности выражен:

$$\alpha = \alpha' + \tau, \quad (3)$$

где α' - коэффициент поглощения звука, характеризующий только потери энергии на преобразование в тепло и выражаемый

$$\alpha' = I_{\text{погл}} / I_{\text{пад}}, \quad (4)$$

τ - коэффициент пропускания звука, характеризующий только потери энергии на прохождение ее через преграду "насквозь"

$$\alpha = I_{\text{проп}} / I_{\text{пад}}, \quad (5)$$

где $I_{\text{пад}}$ - интенсивность падающей звуковой волны, Вт/м²;

$I_{\text{погл}}$ - интенсивность поглощения звуковой энергии, т.е. характеризующая уменьшение интенсивности падающей звуковой волны на тепловые потери, Вт/м²;

$I_{\text{проп}}$ - интенсивность звуковой волны, прошедшей через преграду, Вт/м².

Т.е. коэффициент звукопоглощения поверхности α разделен на две его составляющие - коэффициенты α' и τ . Согласно изобретению, изменение объема помещения V и площади ограждающих конструкций помещения S не производится, т.к. не осуществляется изменение конфигурации и площади отражающих звук поверхностей. Вместо этого осуществляется изменение коэффициента звукопоглощения α , а именно его составной части - коэффициента пропускания τ . Это изменение возможно, поскольку способ предусматривает облицовку помещения звукоизолирующими панелями содержащими вакуумированные полости.

Согласно (Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985, с 249) интенсивность звука есть:

$$I = \rho V^2 c / 2 \text{ Вт/м}^2, \quad (6)$$

где ρ - плотность среды распространения звука, кг/м³;

V - максимальное значение скорости колебаний частиц упругой среды, м/с;

c - фазовая скорость волны (скорость звука), м/с.

Обозначим интенсивность падающей на преграду звуковой волны $I_{\text{пад}}$ как I_1 , а интенсивность звуковой волны, прошедшей через преграду $I_{\text{проп}}$ как I_2 , т.е. коэффициент пропускания звука по (5):

$$\tau = I_{\text{проп}} / I_{\text{пад}} = I_2 / I_1 \quad (7)$$

$$I_1 = \rho_1 V_1^2 c_1 / 2 \text{ Вт/м}^2 \quad (8)$$

$$I_2 = \rho_2 V_2^2 c_2 / 2 \text{ Вт/м}^2 \quad (9)$$

где индексы при величинах, входящих в формулы (8) и (9) характеризуют: индекс 1 - звуковую волну, падающую на преграду, средой распространения которой является атмосферный воздух, находящийся в реверberирующем помещении; индекс 2 - звуковую волну, прошедшую через преграду, средой распространения которой является разреженный газ в вакуумированной полости звукоизолирующей панели, которая использована в качестве облицовки реверberирующего помещения. При этом величины максимального значения скорости колебаний частиц упругой среды V_1 и V_2 , характеризующие импульс переносимый звуковой волной, одинаковы $V_1 = V_2$. Различны плотности среды распространения - плотность атмосферного воздуха ρ_1 и плотность разреженного газа в вакуумированной полости звукоизолирующей панели ρ_2 , а также скорости c_1 и c_2 (скорость звука в газах является функцией его плотности), причем $\rho_1 > \rho_2$. Запишем (7) как:

$$\begin{aligned} \tau &= I_2 / I_1 = \rho_2 V_2^2 c_2 / (\rho_1 V_1^2 c_1) = \\ &= \rho_2 c_2 / \rho_1 c_1 \end{aligned} \quad (10)$$

За счет того, что $\rho_1 > \rho_2$, $I_2 < I_1$ (объяснен механизм действия звукоизолирующих панелей, содержащих вакуумированные полости), т.е. в таких панелях имеет место снижение интенсивности проходящего через них звука.

Согласно (Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985, с. 154, 253) плотность газа ρ определяется как:

$$\rho = P / (RT) \quad (11)$$

где P - давление газа, Па;

T - температура газа, К;

R - газовая постоянная, Дж/(кг К).

Запишем плотность атмосферного воздуха ρ_1 как

$$\rho_1 = P_1 / (R_1 T_1), \quad (12)$$

а плотность разреженного газа внутри вакуумированной полости ρ_2 как:

$$\rho_2 = P_2 / (R_2 T_2) \quad (13)$$

где P_1 и P_2 соответственно давления атмосферного воздуха и разреженного газа внут-

ри вакуумированной полости, Па; T_1 и T_2 соответственно температуры атмосферного воздуха и разреженного газа внутри вакуумированной полости, К; R_1 и R_2 соответственно газовые постоянные атмосферного воздуха и разреженного газа внутри вакуумированной полости, Дж/(кг К), причем если вакуумированная полость наполнена тем же самым газом (атмосферным воздухом, но только разреженным),

$$R_1 = R_2,$$

Согласно (Кухлинг Х. Справочник по физике М.: Мир, 1985, с. 253) скорость звука в газе (или фазовая скорость) c :

$$c = \sqrt{HP/\rho} = \sqrt{HRT} \text{ м/с}, \quad (14)$$

где γ - показатель адиабаты.

Исходя из (14) запишем скорость звука в атмосферном воздухе:

$$c_1 = \sqrt{H_1 R_1 T_1} \text{ м/с} \quad (15)$$

и скорость звука в разреженном газе, заполняющем вакуумированную полость

$$c_2 = \sqrt{H_2 R_2 T_2} \text{ м/с} \quad (16)$$

Подставив (12), (13), (15), (16) в формулу (10):

$$\tau = l_2 / l_1 = \rho_2 c_2 / (\rho_1 c_1) = P_2 \sqrt{H_2 R_2 T_2} \times \\ \times (R_1 T_1) / (P_1 \sqrt{H_1 R_1 T_1} (R_2 T_2)) \quad (17)$$

Если вакуумированная полость заполнена тем же самым газом, что и атмосферный воздух (а технология производства звукоизолирующих панелей не предусматривает заполнение их другим газом), газовые постоянные одинаковы $R_1 = R_2$ и показатели адиабаты также одинаковы $H_1 = H_2$

Тогда (17) упрощается:

$$\tau = P_2 T_1 \sqrt{T_2} / (P_1 T_2 \sqrt{T_1}) = \\ = P_2 \sqrt{T_1} / (P_1 \sqrt{T_2}) \quad (18)$$

Если газы различны, все равно отношение $P_1/P_2 \text{ const}$ и $T_1 \sqrt{T_2} / T_2 \sqrt{T_1} = \text{const}$ т.е. представляют собой постоянную величину. Таким образом, выражение (18) описывает физический смысл процесса. Исходя из (18), изменить интенсивность звуковой волны, прошедшей через вакуумированную полость звукоизолирующей панели $l_2 = l_{\text{проп}}$ по отношению к исходной интенсивности падающей

звуковой волны (распространяющейся в атмосферном воздухе ревербирующего помещения) $l_1 = l_{\text{пад}}$, соответственно, изменить коэффициент пропускания звука τ , соответственно изменить коэффициент звукопоглощения α по формуле (3), соответственно изменить время реверберации звука по формулам (1) и (2) можно двумя путями:

1. Изменение давления в вакуумированной полости P_2 по отношению к атмосферному P_1 .

2. Изменение температуры во внутренней полости звукоизолирующих устройств.

Предлагаемый способ реализуется следующим образом. Помещение, в котором необходимо осуществлять оперативную регулировку времени реверберации, например, реверберационную камеру, зрительный зал или дискотеку и т.п. облицовывают звукоизолирующими панелями, содержащими вакуумированные полости. Для регулировки времени реверберации звука изменяют давление разреженного газа в вакуумированных полостях этих панелей посредством подключенного к ним вакуумного насоса - устройства для удаления газов и паров из сосудов, либо изменяют температуру этого газа с помощью находящегося в вакуумированных полостях этих панелей теплообменников - аппаратов для передачи тепла от среды с более высокой температурой (греющего тела - теплоносителя) к среде с более низкой температурой (нагреваемое тело). Вакуумные насосы и теплообменники известны (Политехнический словарь / Под ред. Артаболевского И.И. М.: Сов. энциклопедия, 1977, с. 68, 493) и подключение их к вакуумированным полостям звукоизолирующих панелей которыми облицовано помещение, не составляет труда. При этом изменяется коэффициент пропускания звука τ , соответственно коэффициент звукопоглощения α , соответственно время реверберации звука в помещении. За счет подбора необходимого сочетания давления и температуры подбирают требуемое время реверберации звука. При этом появляется возможность обеспечить различное время реверберации в различных частях одного и того же помещения, например, за счет того, что в вакуумированных полостях звукоизолирующих панелей, которыми облицована одна стена помещения, поддерживается одна величина давления газа, а в полостях панелей, которыми облицована другая стена помещения - другая величина давления газа, отличная от нее. Возможность быстрого изменения давлений и температур обес-

печивает достижение необычных звуковых эффектов в помещении, связанных с резким

изменением времени реверберации звука в нем.

Упорядник Л. Абракітова

Техред М.Моргентал

Коректор М. Керецман

Замовлення 4540

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101.