

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

Лекции по курсу Премакустика

- **ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума.
Классификация**
- **СП 51.13330.2011 Защита от шума.
Актуализированная редакция СНиП
23-03-2003**

- Воздушный шум - шум, распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения.
- Структурный шум - шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот.

-

СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

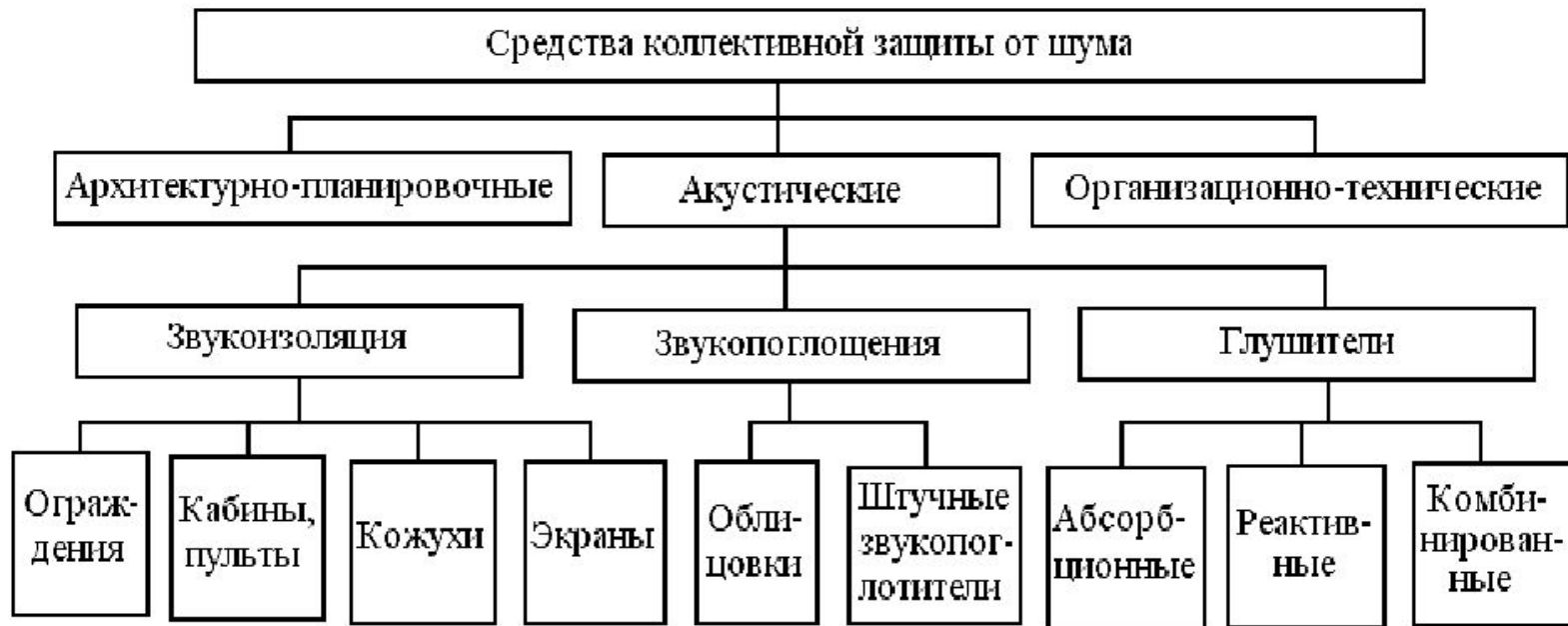
Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Матричные операции

Средства коллективной защиты от шума на пути его распространения



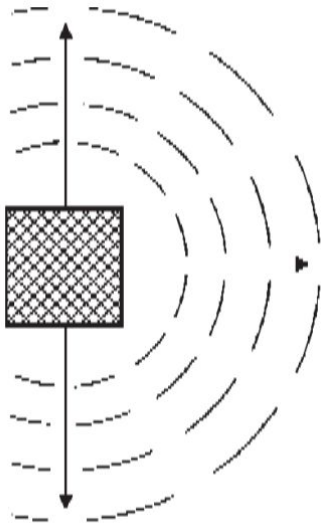
• средний по времени уровень звукового давления $L_{req, T}$ дБ
(time-averaged sound pressure level):
Уровень звукового давления постоянного шума, который на интервале времени T имеет такое же среднеквадратичное значение, что и рассматриваемый непостоянный шум.

• Примечания

- 1 Средний по времени уровень звукового давления (далее - эквивалентный уровень звукового давления) является основной величиной для оценки иммиссии на рабочих местах и оценки воздействия *шума* на людей.

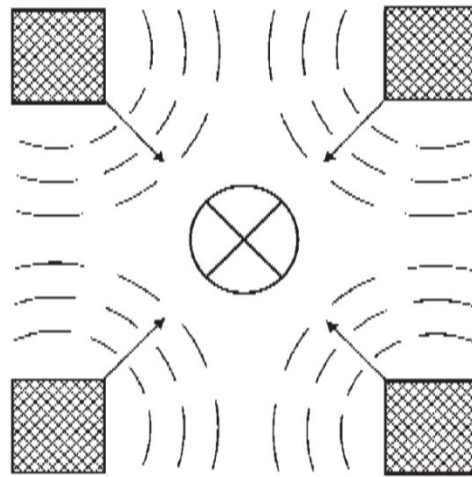
ГОСТ Р 52797.1- 2007 Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малозумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1.

Принципы защиты от шума



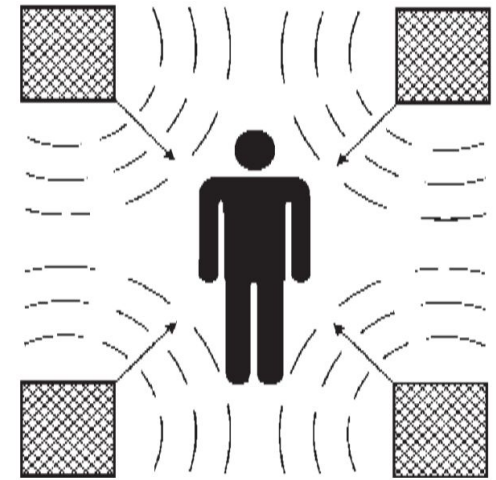
А)

ЭМИССИЯ



Б)

ИММИССИЯ



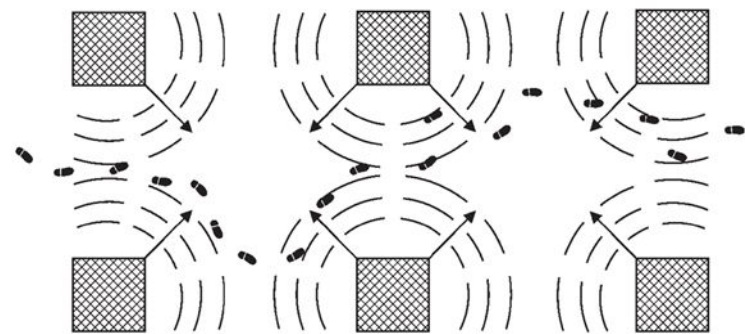
В)

ЭКСПОЗИЦИЯ

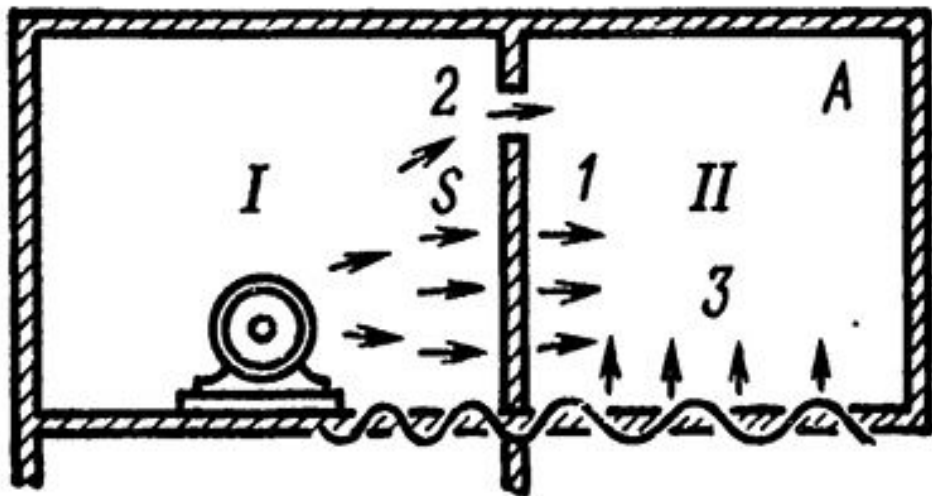
характеристика иммиссии и экспозиции шума L_{T^0} , дБ (noise immission and noise exposure descriptors): Величина, представляющая собой эквивалентный уровень звука, отнесенный к номинальной продолжительности рабочего дня.

$$L_{T^0} = L_{T_e} + 10 \lg(T_e/T_0)$$

где T_0 - регламентируемый временной интервал (например, 8 ч) и T_e - продолжительность воздействия шума ($T_e \leq T_0$).



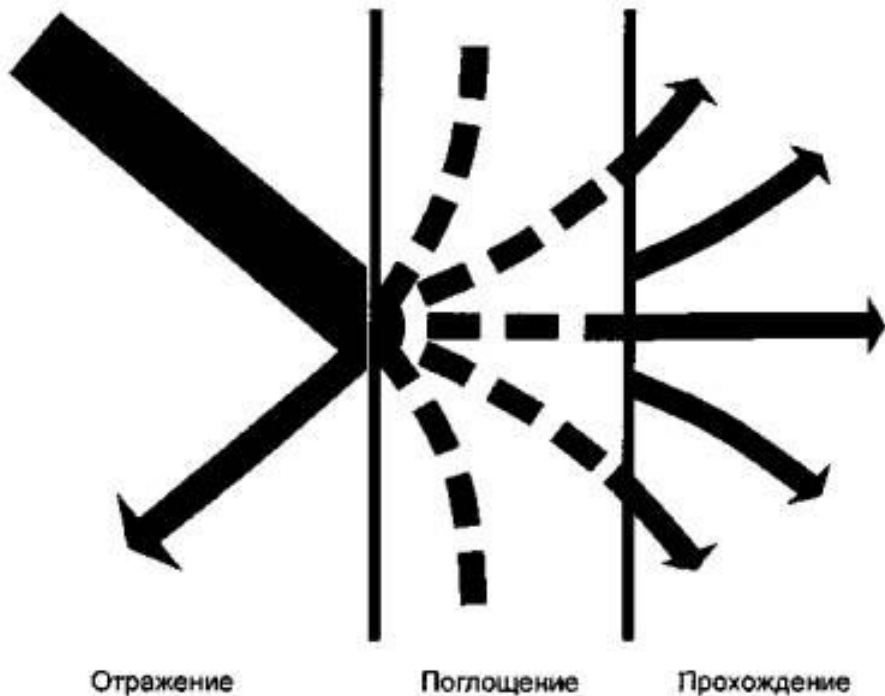
Пути проникновения шума:



1 — через ограждение; 2 — через отверстия; 3 — по строительным конструкциям

- 1) через ограждение, которое под действием переменного давления падающей на него волны, колеблясь как диафрагма, излучает шум в тихое помещение;
- 2) непосредственно по воздуху через различного рода щели и отверстия;
- 3) посредством вибраций, возбуждаемых в строительных конструкциях механическим путем (удары, хождение и т. п.).

Физические принципы и основные закономерности звукоизоляции и звукопоглощения



$$E_{\text{пад}} = E_{\text{отр.}} + E_{\text{погл}} + E_{\text{прош.}}$$

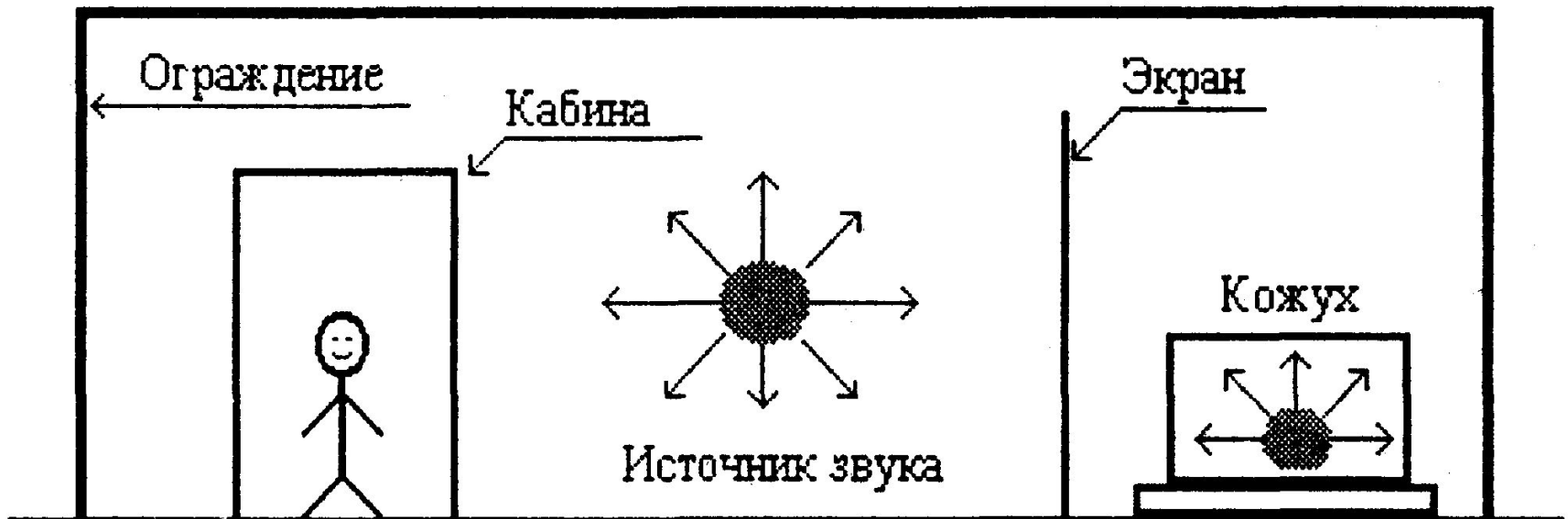
$$\tau = E_{\text{прош.}} / E_{\text{пад}} ;$$

$$\eta = E_{\text{отр.}} / E_{\text{пад}} ;$$

$$\alpha = E_{\text{погл.}} / E_{\text{пад}} ;$$

$$\alpha + \eta + \tau = 1$$

Основные средства звукоизоляции



$$\tau = \frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{пад}}} = \frac{J_{\text{пр}}}{J_{\text{пад}}}$$

Звукоизолирующая способность
ограждения выражается величиной
 $R = 10 \lg (1/\tau)$ (дБ).

Звукоизоляция

- эффект изоляции звука основан на его отражении
- для изоляции звука в воздухе, т.е. в среде с малым акустическим сопротивлением, следует применять преграды из материалов с большим акустическим сопротивлением (металлы, дерево, твердые пластмассы)

- Коэффициент прохождения звука τ , падающего нормально на границу двух сред можно определить по коэффициенту отражения η , который определяется через акустические импедансы Z граничащих сред

- $\eta = [(Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)]^2$

- В твердых звукоизолирующих ограждениях поглощение энергии в материале существенно меньше, чем отражение ($\alpha \ll \eta$). Тогда $\eta + \tau = 1$, и коэффициент прохождения можно определить как

- $$\tau = 1 - \eta = 1 - [(Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)]^2 = 4Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2)^2$$

- звуковая волна встречает препятствие в виде массивной перегородки:

- $Z_1 = \rho c,$

- импеданс Z_2 включает как инерционное сопротивление на единицу ее площади, так и волновое сопротивление среды за стенкой

- $Z_2 = j\omega m + \rho c$

- $\tau = 1 / [1 + (\omega m / 2\rho c)^2]$

- $\omega = 2\pi f$
- $R = 10\lg(1/\tau) = 10\lg [1+(\pi f m / \rho c)^2]$
 - При достаточно больших значениях произведения $f m$:
 - $R \approx 20\lg (\pi f m / \rho c) (f \neq 0) - \text{Закон массы}$
- При изменении угла падения $Z = j\omega m \cos \theta$
- $R = 10\lg(1/\tau) = 10\lg [1+(\pi f m \cos \theta / \rho c)^2]$,

где f — частота, для которой проводится расчет (63, 125, 250 Гц,...); ρ — плотность среды; c — скорость звука в ней;

произведение ρc характеризует акустическое сопротивление среды, в которую излучается звук, и является постоянной величиной для нее;

для воздуха (при температуре 20°C) $\rho c = 410 \text{ кг} * \text{с/м}^2$

- звукоизоляция перегородки при изменении угла падения уменьшается. Это явление называется *компонент - эффектом* и наблюдается на частотах, на которых перегородка является твердой, т.е. ее изгибная жесткость не проявляется.
- В реальных условиях звуковое поле, воздействующее на перегородку, является диффузным, т.е. в нем все углы падения звуковых волн на перегородку равновероятны.
- Это уменьшает звукоизоляцию, по мнению ряда исследователей на величину = 5 дБ. Тогда, подставляя численные значения π и ρc для воздуха
- $R = 20 \lg f m - 47,5 \text{ (дБ)}$
- m - масса 1 м^2 ограждения

- Звукоизолирующая способность ограждений тем выше, чем они тяжелее, она меняется по так называемому закону массы. Так, увеличение массы в 2 раза приводит к повышению звукоизоляции на 6 дБ. (звукоизоляция увеличивается на 6 дБ в каждой последующей октавной полосе)
- Звукоизолирующая способность одного и того же ограждения возрастает с увеличением частоты, т.е. на высоких частотах эффект от установки ограждения будет значительно выше, чем на низких частотах.

Частотные диапазоны звукоизоляции однослойного ограждения

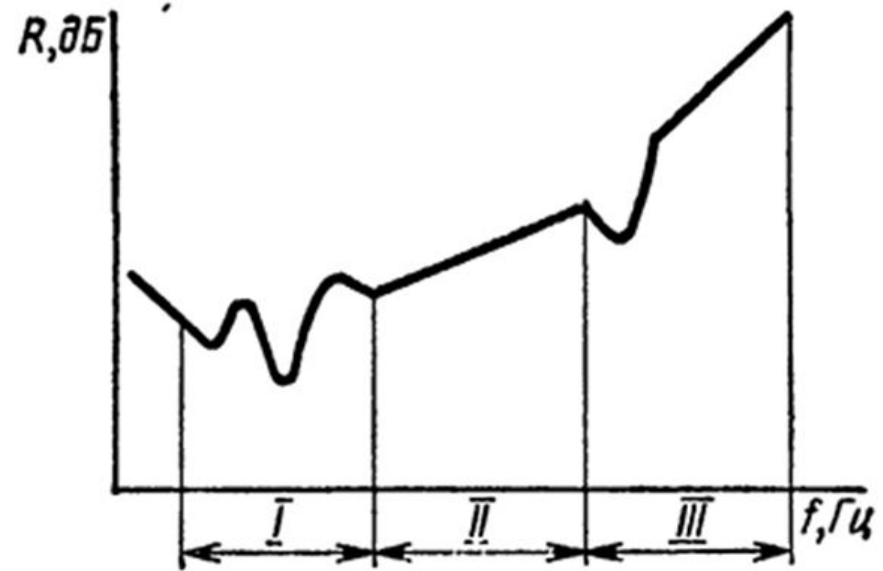
Звукоизоляция в первом частотном диапазоне не поддается расчету и определяется жесткостью ограждения и резонансными явлениями. Для большинства однослойных ограждений этот диапазон лежит ниже нормируемого диапазона частот.

Во втором диапазоне (начинающемся выше двух, трехкратной ниже резонансной частоты колебаний ограждения) звукоизоляция определяется по **Закону массы**

Закон массы нарушается на частотах близких к критической частоте преграды, т.е. когда имеет место резонанс совпадения. В диапазоне III сначала наблюдается ухудшение звукоизоляции вследствие возникновения явления волнового совпадения, при котором распределение давления в падающей звуковой волне вдоль ограждения точно соответствует распределению амплитуды смещения собственных изгибных колебаний ограждения, что приводит к своеобразному пространственному резонансу и интенсивному росту колебаний. Затем звукоизоляция, зависящая не только от массы, но и от жесткости ограждения, увеличивается с ростом частоты несколько быстрее, чем в диапазоне II.

Уменьшение звукоизоляции начинается с частоты $f > 0.5f_{кр}$.

На частотах $f > 2f_{кр}$ существенное значение начинает играть жесткость ограждения и внутренние потери η .



Частотная зависимость звукоизоляции ограждения

- I — первый пространственный резонанс;
- II — закон масс;
- III — резонанс совпадения

$$f_{кр} = \frac{c^2 \sqrt{12\rho(1-\mu^2)}/E}{2\pi h},$$

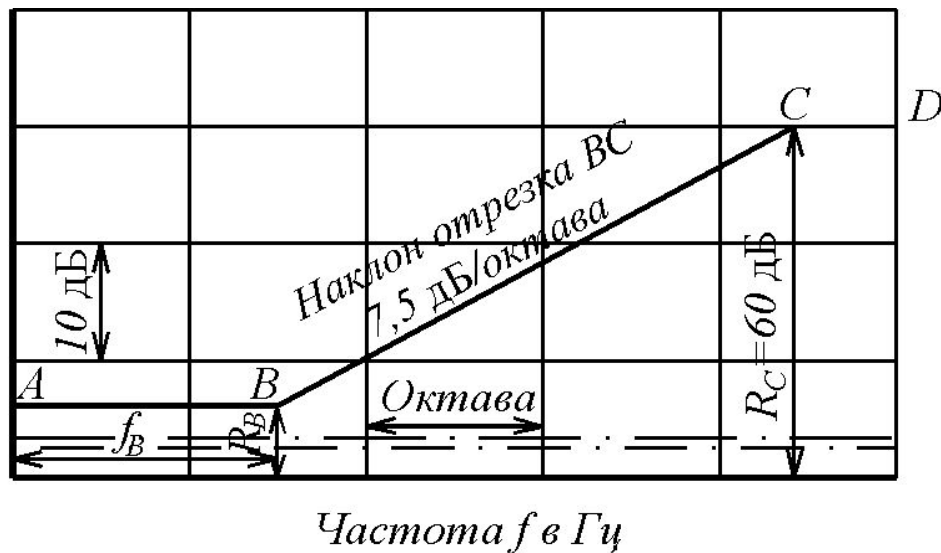
Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

Тяжелая

Частотную характеристику изоляции воздушного шума однослойной плоской ограждающей конструкцией поверхностной плотностью (1 м^2) от 100 до 1000 кг/м^2 из бетона, железобетона, кирпича, керамических блоков и т.п. материалов определяют графическим способом, изображая ее в виде ломаной линии.

Координаты точки B (f_B и R_B) частотной характеристики следует определять по графикам (НТД), f_B - в зависимости от толщины h в м ограждающей конструкции (НТД) и R_B - в зависимости от поверхностной плотности m в кг/м^2 ограждающей конструкции (НТД).

Изоляция воздушного шума R в дБ



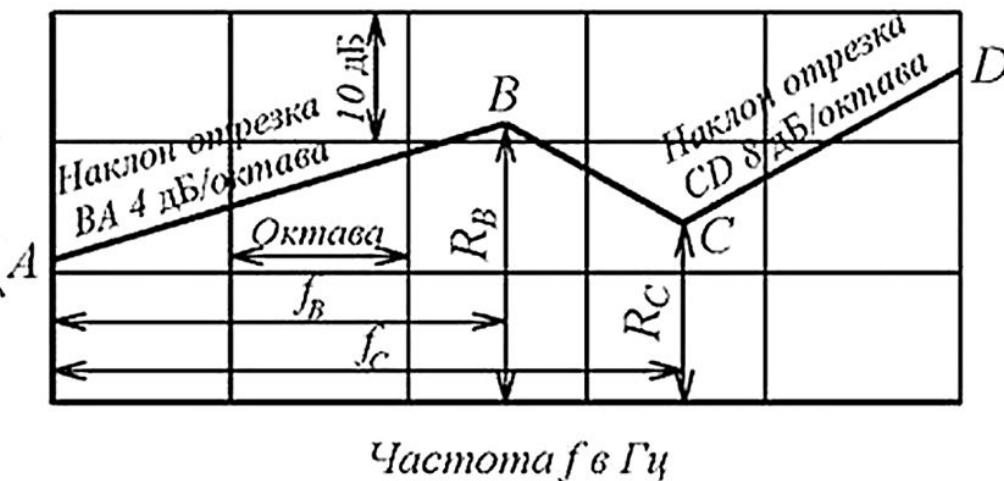
Легкая (тонкая)

Частотную характеристику изоляции воздушного шума в дБ однослойной плоской тонкой ограждающей конструкцией из металла, стекла и тому подобных материалов.

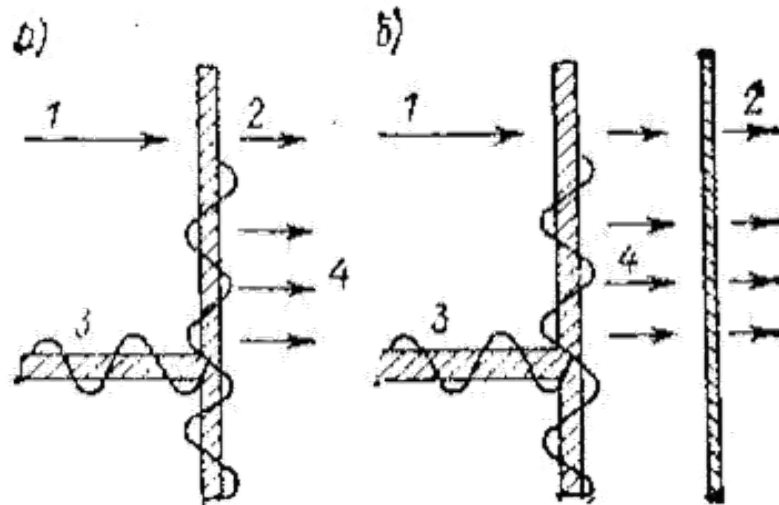
Координаты точек B и C следует определять по НТД.

Наклон отрезка BA на графике следует принимать равным 5 дБ на каждую октаву для глухих однослойных ограждающих конструкций из органического и силикатного стекла и 4 дБ на каждую октаву для ограждающих конструкций из других материалов.

Изоляция воздушного шума R в дБ



Звукоизоляция двойных ограждений.



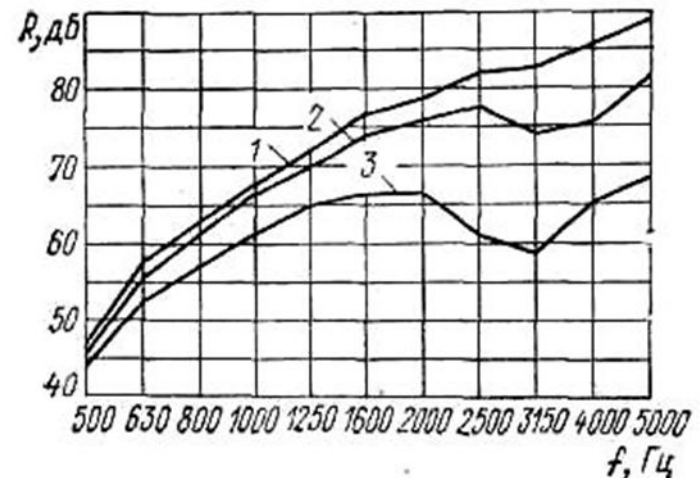
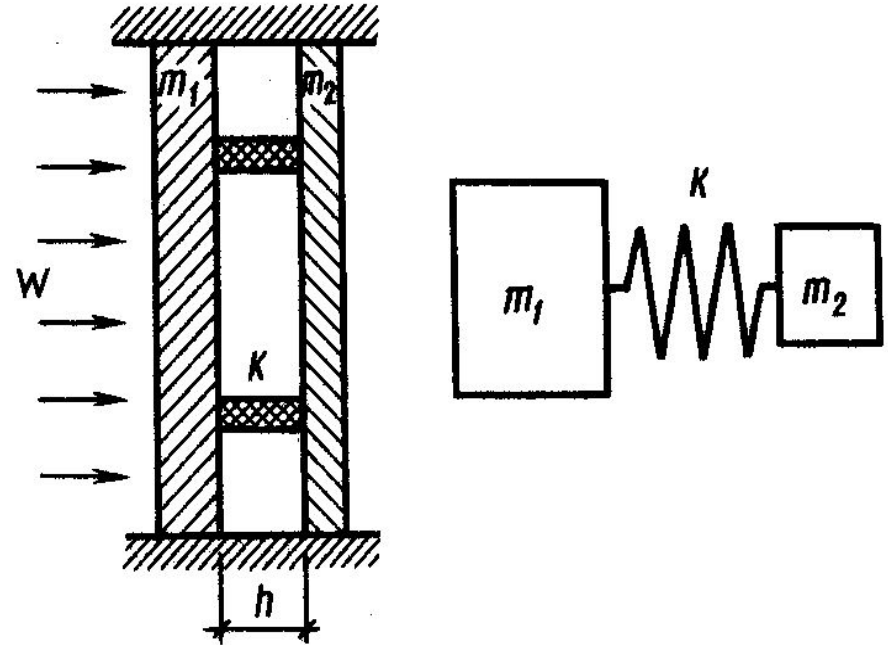
- 1 — падающий на изолирующую конструкцию воздушный звук;
- 2 — звук, прошедший в изолируемое помещение;
- 3 — звуковая вибрация;
- 4 — воздушный звук, порождаемый звуковой вибрацией.

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ

Для повышения звукоизоляции и снижения массы ограждения применяют многослойные ограждения.

Для этого пространство между слоями заполняют пористо-волокнистыми материалами и оставляют воздушную прослойку шириной 40 – 60 мм. На звукоизолирующую способность оказывает влияние масса слоя ограждения M_1 и M_2 и жесткость связей K , толщина слоя пористого материала или воздушной прослойки.

Чем ниже упругость промежуточного материала, тем меньше передача колебаний второму ограждающему слою, и тем выше звукоизоляция (практически, двойное ограждение позволяет снизить уровень шума на 60 дБ)



- Двойное ограждение представляет собой колебательную систему из двух протяженных плит с массами единичной площадки m_1 и m_2 и упругой связкой между ними. Частота собственных колебаний этой системы :
- $f_0 = 0,16 (k/m_1 + k/m_2)^{1/2}$
- где k – приведенный коэффициент жесткости упругого слоя, т. е. давление, необходимое для сжатия-растяжения слоя на единицу длины, зависящий от динамического модуля упругости материала слоя E ($k = E/h$).
-
- Для практических расчетов двойной перегородки с воздушным промежутком
- $f_0 = 0,16 [C (m_1 + m_2) / m_1 m_1]^{1/2}$,
- где $C = \rho c^2 / h$ – упругость воздушного слоя, тогда
- $f_0 = 60 [(m_1 + m_2) / m_1 m_1 \underline{h}]^{1/2}$

- Для одинаковых перегородок из одного материала и одной толщины
 - $f_0 = 85 / (mh)^{1/2}$
- В общем случае для двойных ограждений граничные частоты различны для каждого слоя, причем нижняя частота относится к слою, имеющему большую жесткость. Самыми выгодными оказываются двойные ограждения одинаковой массы, но с различными жесткостями при изгибе.
- В диапазоне частот $3f_0 < f < f_{2p2}$ значение звукоизоляции
 - $R = R_0 + \Delta R,$
- где R_0 - звукоизоляция однослойного ограждения с массой единицы площади $m = m_1 + m_2$,
- $R_0 = 20 \lg mf - 47,5$
- ΔR – дополнительная звукоизоляция
- $\Delta R = a \lg (f/f_0) / b$, где a и b – коэффициенты, определяемые видом упругого слоя

- Для пассивных и жестких преград, у которых критические частоты лежат ниже 3-5 кГц, применяют упругие мостики из резины с замкнутыми порами, мягкой монолитной резины. Жесткость этих связей D должна удовлетворять неравенству

$$D = ES_m/h < S_1^2 f_{zp1} \sqrt{\rho_1} ,$$

- где E, S_m, h – модуль Юнга, площадь поперечного сечения и длина мостика S_1, ρ_1, E_1 - толщина конструкции, плотность и модуль Юнга ее материала; f_{zp1} – первая граничная частота

$$f_{zp1} = 85[(m_1 + m_2) / \underline{h} m_1 m_1]^{1/2}$$

- Для преград, у которых критическая частота лежит выше 7 – 8 кГц, применяют инерционные мостики из стали, бронзы, масса которых должна удовлетворять неравенству

$$M > S_1^2 \sqrt{\rho_1 E_1} / f_{zp1}$$

Задание

- Система государственных стандартов по защите от шума (группы, перечень, требования)
- Строительно-акустические (архитектурно-планировочные) мероприятия по защите от шума
- Индивидуальные средства защиты от шума
- Организационно-технические (кроме глушителей) мероприятия по защите от шума