

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**

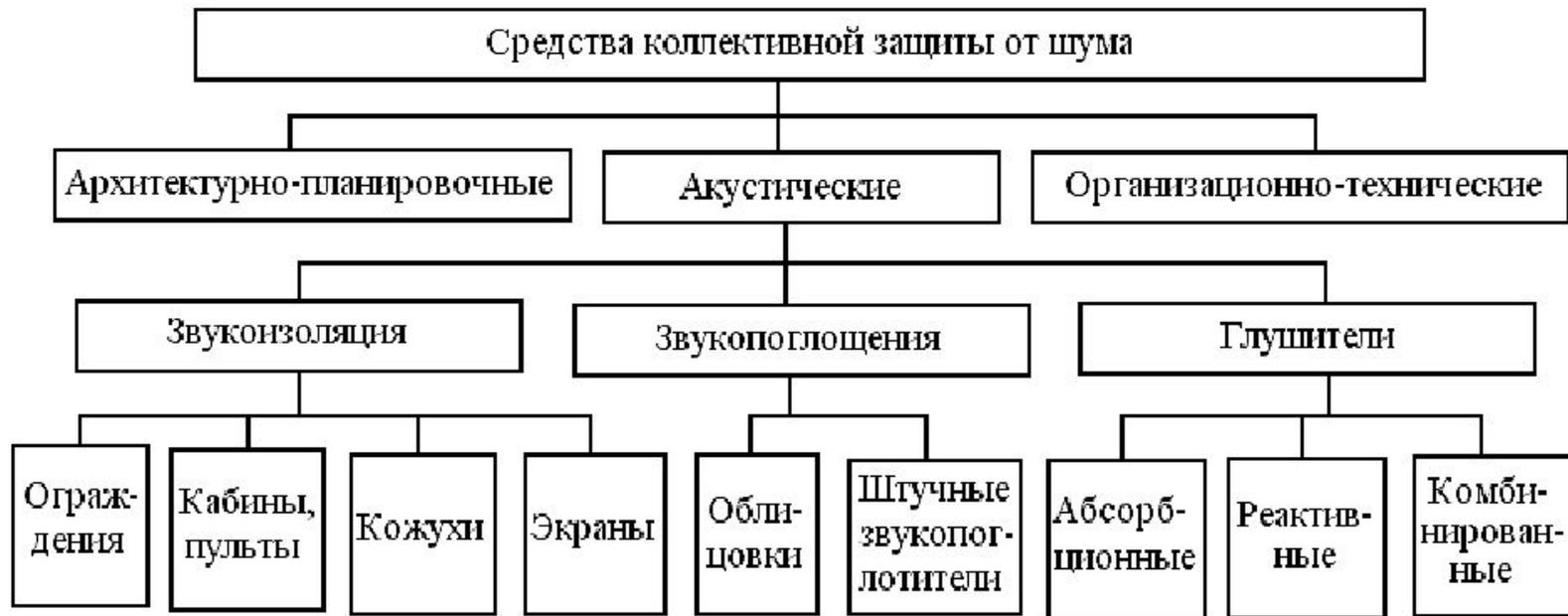
- Воздушный шум - шум, распространяющийся в воздушной среде от источника возникновения до места наблюдения.
- Структурный шум - шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций стен, перекрытий, перегородок зданий в звуковом диапазоне частот.

-

СРЕДСТВА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Матричные операции

Средства коллективной защиты от шума на пути его распространения



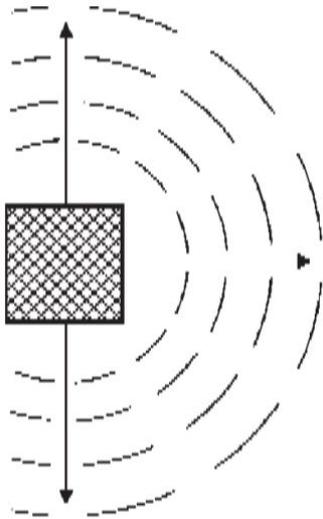
• средний по времени уровень звукового давления $L_{req, T}$ дБ
(time-averaged sound pressure level):
Уровень звукового давления постоянного шума, который на интервале времени T имеет такое же среднеквадратичное значение, что и рассматриваемый непостоянный шум.

• 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.

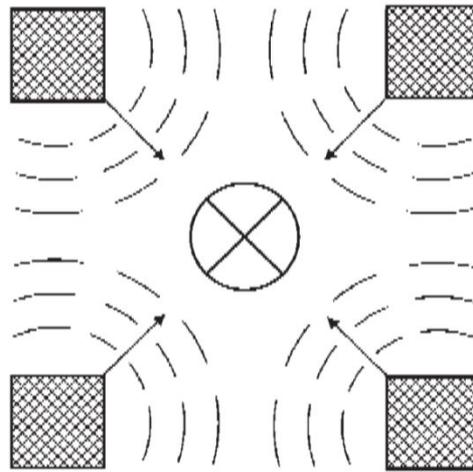
ГОСТ Р 52797.1- 2007 Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малозумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1.

Принципы защиты от шума



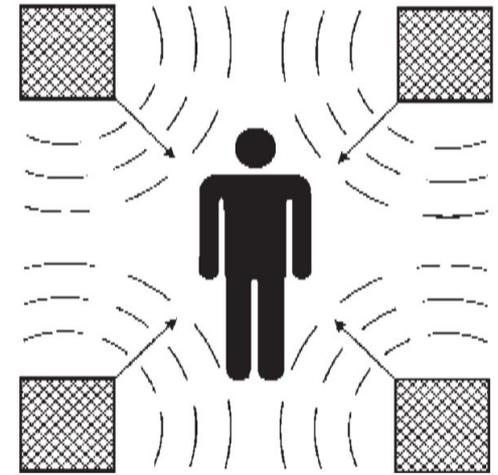
А)

ЭМИССИЯ



Б)

ИММИССИЯ



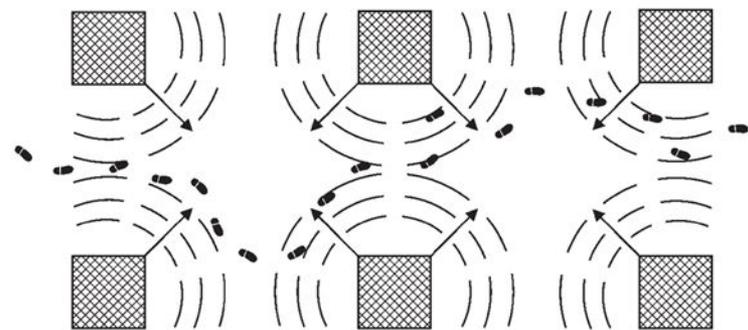
В)

ЭКСПОЗИЦИЯ

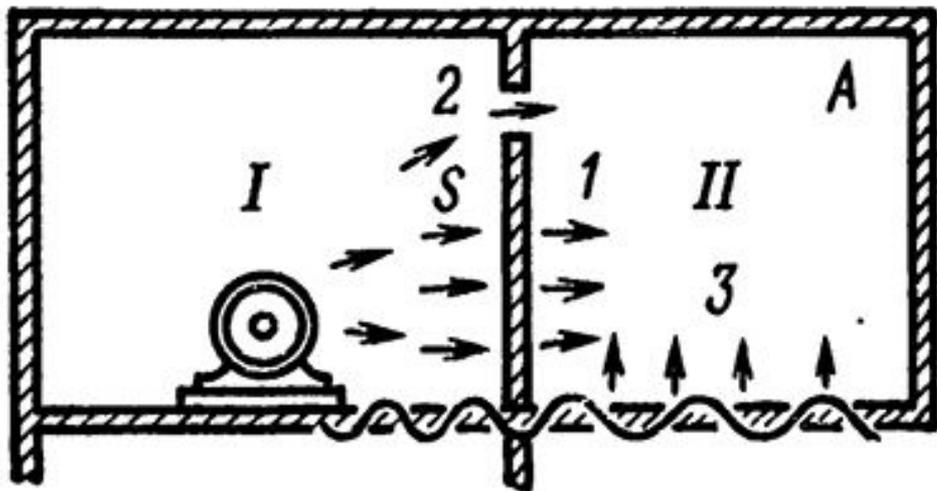
характеристика иммиссии и экспозиции шума L_{T^0} , дБ (noise immission and noise exposure descriptors): Величина, представляющая собой эквивалентный уровень звука, отнесенный к номинальной продолжительности рабочего дня.

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

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



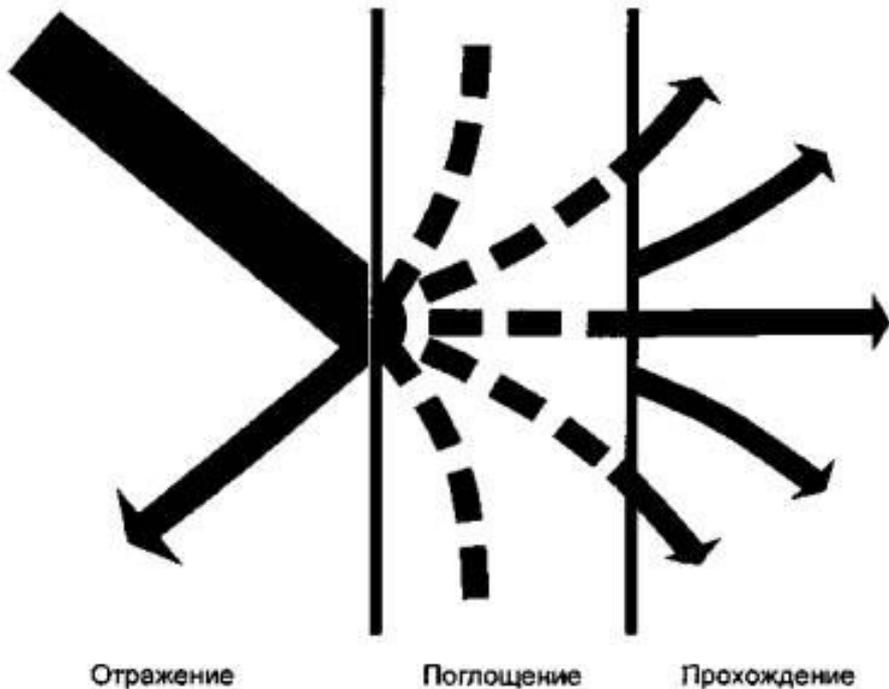
Пути проникновения шума:



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



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

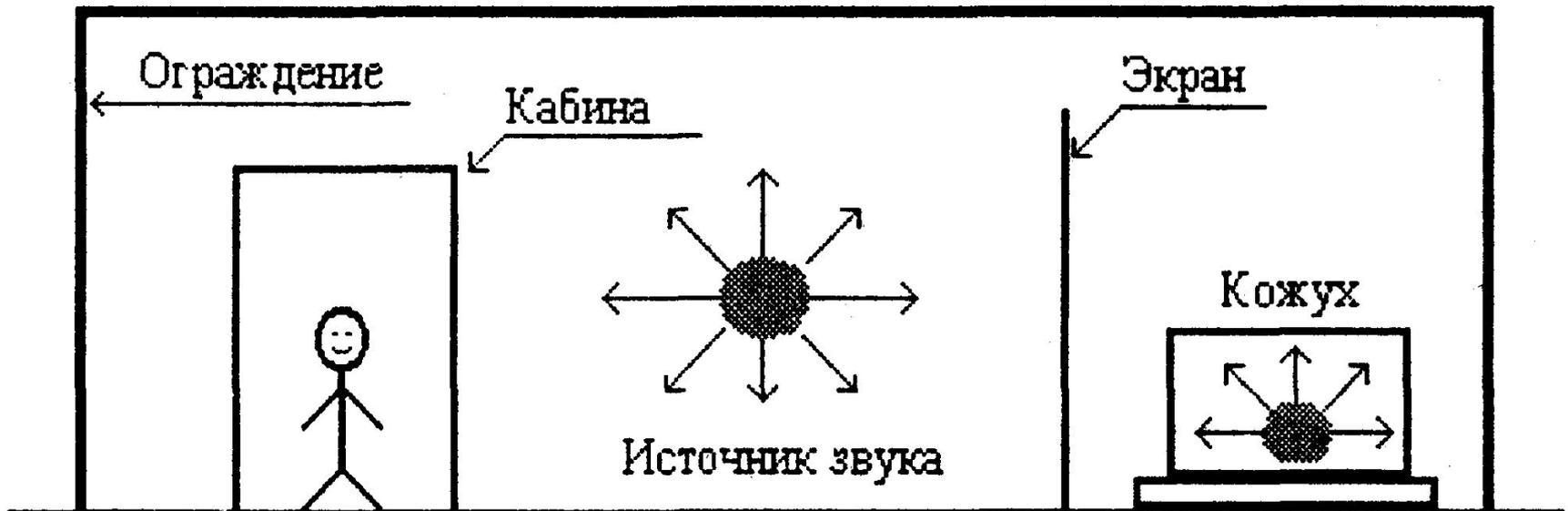
$$\tau = E_{\text{прош.}} / E_{\text{пад}} ;$$

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

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

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

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 $f m$:
 - $R \approx 20\lg (\pi f m / \rho c) (f \neq 0)$ – *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

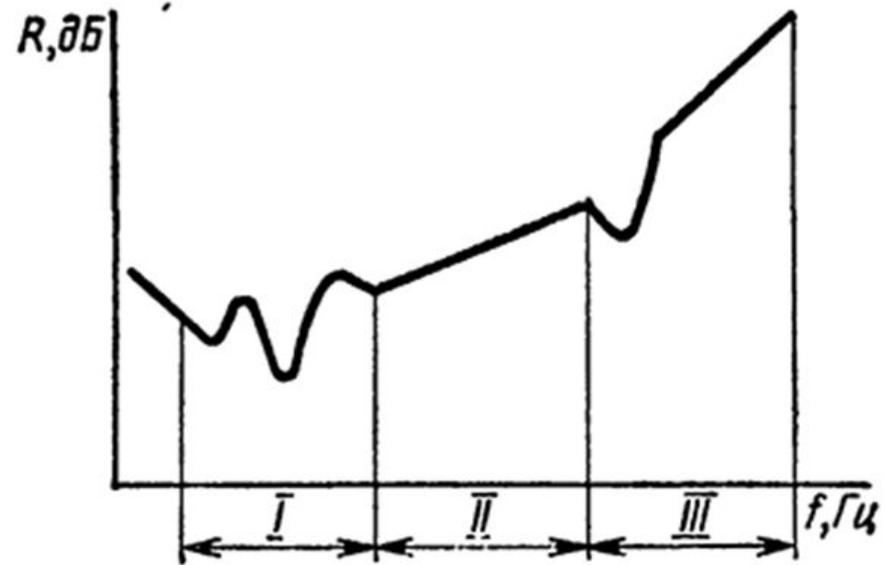
Звукоизоляция в первом частотном диапазоне не поддается расчету и определяется жесткостью ограждения и резонансными явлениями. Для большинства однослойных ограждений этот диапазон лежит ниже нормируемого диапазона частот.

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

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

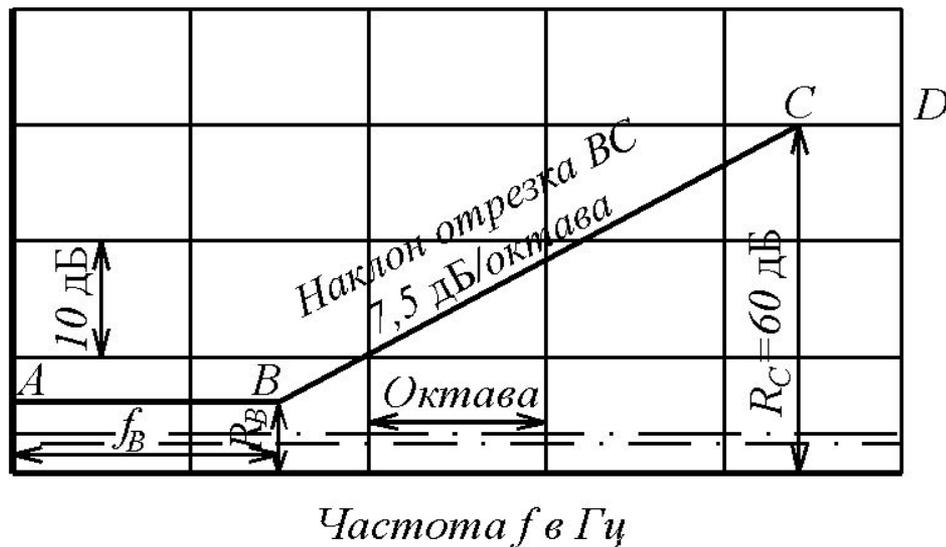
Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

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



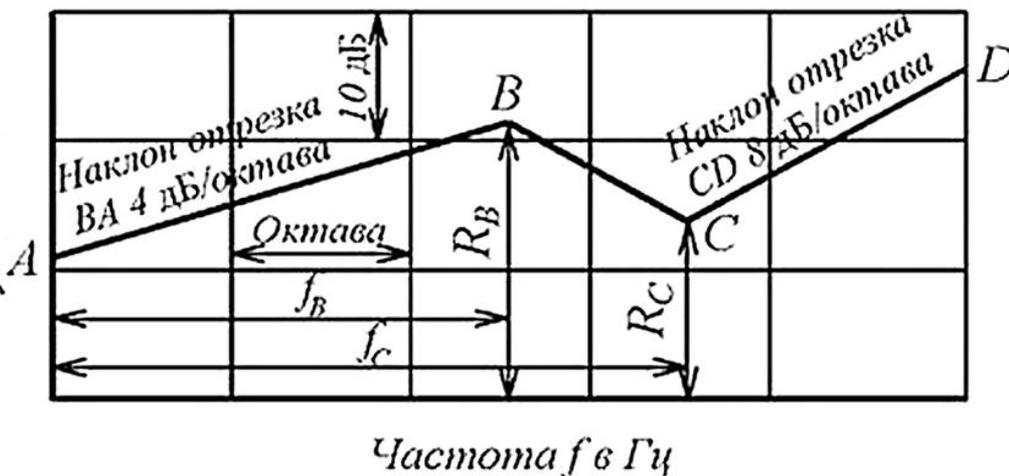
Легкая (тонкая)

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

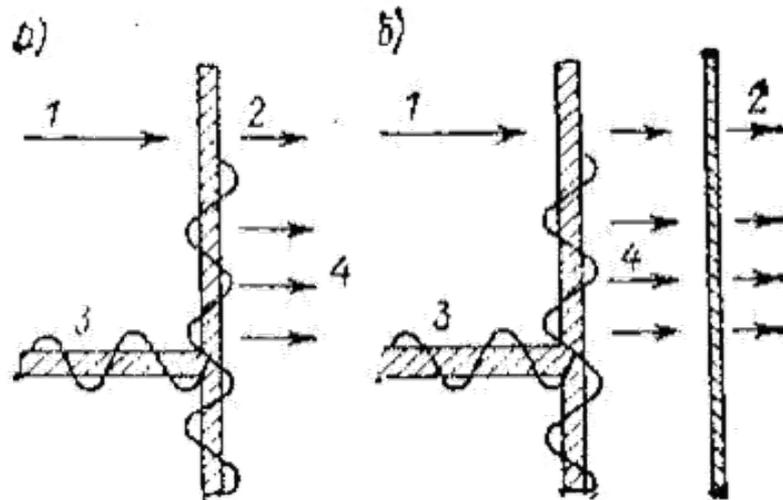
Координаты точек B и C следует определять по НТД.

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.



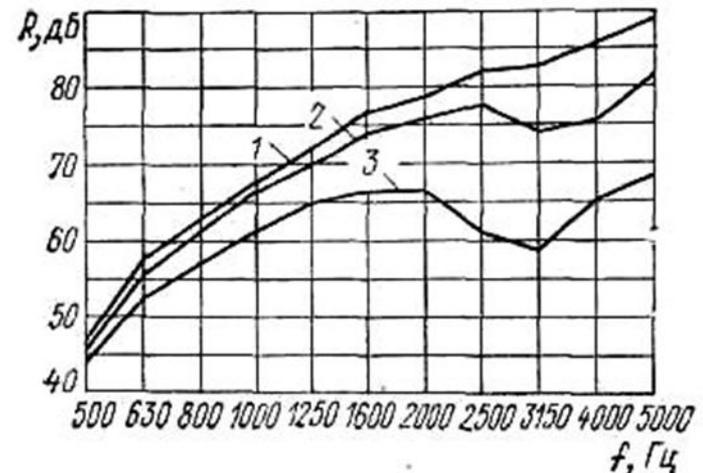
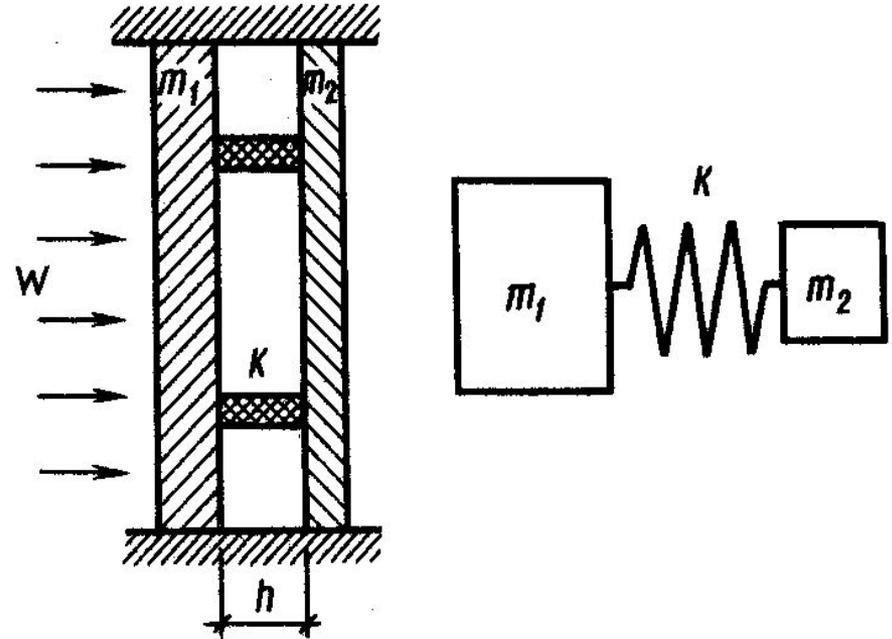
- 1 — падающий на изолирующую конструкцию воздушный звук;
- 2 — звук, прошедший в изолируемое помещение;
- 3 — звуковая вибрация;
- 4 — воздушный звук, порождаемый звуковой вибрацией.

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ

Для повышения звукоизоляции и снижения массы ограждения применяют многослойные ограждения.

Для этого пространство между слоями заполняют пористо-волоконными 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 $3f_0 < f < f_{зр2}$ 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