

Архитектурно-строительная акустика

Защита от шума



Список литературы

1. СП 51.13330.2011 Защита от шума
2. СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий
3. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика, 2005

Шум – звук, нежелательный в данной обстановке.

Источники шума (ИШ)

Источники внешнего шума

1. Транспорт
2. Производственные предприятия
3. Внутриквартальные ИШ

ИШ в зданиях

1. Инженерное и санитарно-техническое оборудование
2. Источники бытового шума

Действие шума на человека зависит от его *уровня, спектра и продолжительности*

- **Уровень шума**
- До 60-65 дБ – психологическое воздействие
- 90 дБ – при длительном воздействии потеря слуха
- 120 дБ – болезненные ощущения
- 150 дБ – мгновенная потеря слуха

- **Спектр.** Различают шумы:
 - Низкочастотные - до 300 Гц
 - Среднечастотные - 300-800 Гц
 - Высокочастотные – выше 800 Гц.
- **Продолжительность.**
 - Постоянные шумы: $\Delta L < 5$ дБ
 - Непостоянные шумы разделяют на:
 1. **Колеблющиеся во времени:** $\Delta L > 5$ дБ
 2. **Прерывистые**
 3. **Импульсные**

Характеристики шума

Постоянный шум

1. **Частотная характеристика** (значения уровней силы звука в октавных полосах частотного диапазона)
2. **Уровень звука** – единое усредненное значение, измеряется в **дБА**

Уровни силы звука (звукового давления) измеряют **шумомером**, используя **кривую частотной коррекции А**. Она учитывает спектральную чувствительность человеческого уха – зависимость слухового восприятия от частоты звука.

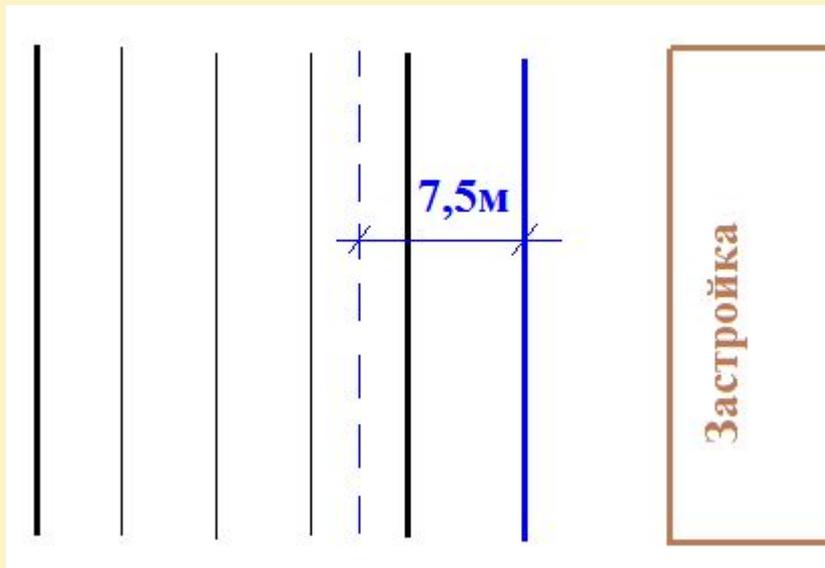
Характеристики шума

- **Непостоянный шум** характеризуется эквивалентным уровнем звука $L_{AЭКВ}$, дБА . Это уровень звука постоянного широкополосного шума, оказывающего такое же действие на человека, как и данный непостоянный шум.
- Для некоторых ИШ рассматривается максимальный уровень звука $L_{Aмакс}$, дБА

Шумовые характеристики источников устанавливаются **на определенном расстоянии от них.**

Для **потока автотранспорта** - $L_{AЭКВ}$, дБА на расстоянии **7,5 м** от оси первой полосы движения.

Для **поездов** - $L_{AЭКВ}$, дБА и максимальный уровень звука $L_{Aмакс}$, дБА, на расстоянии **25 м** от оси ближнего к расчетной точке пути.



Примеры

- Для потоков автотранспорта в зависимости от категории дороги и числа полос $L_{AЭКВ} = 73 - 83$ дБА.
- Для поездов $L_{Aмакс} = 76$ дБА - для пассажирских и 81 дБА – для грузовых. $L_{AЭКВ}$ зависит от часовой интенсивности движения.

•Для **внутриквартальных ИШ** в расчетах используют $L_{A_{\max}}$ на расстоянии 7,5м от их границ.

Примеры

1. Хоз.двор магазина, разгрузка товаров:

промтовары – 71 дБА; **мебель** – 76 дБА

2. Мусороуборочная машина – 91 дБА

3. Спортивная площадка, игры:

теннис – 71; **волейбол** - 78; **футбол** – 85 дБА.

Нормы допустимого шума

Шум – в пределах нормы, когда он и по эквивалентному, и по максимальному уровню не превышает установленные нормативные значения.

Пример. Нормы допустимого шума в аудиториях

L, дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									L _{Аэкв} , дБА	L _{Амакс} , дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55

Нормы допустимого шума

В ряде случаев *нормы допустимого шума* устанавливаются в зависимости **от времени суток.**

Допустимые эквивалентные уровни звука

Назначение помещений или территорий	Время суток, час	$L_{\text{экв}}$, дБА
Жилые комнаты квартир	7.00-23.00	40
	23.00-7.00	30
Жилые комнаты общежитий	7.00-23.00	45
	23.00-7.00	35
Торговые залы магазинов, залы вокзалов, спортзалы	-	60
Территории, прилегающие к жилым зданиям	7.00-23.00	55
	23.00-7.00	45

Методы защиты от шума

- **в ИШ** – инженерно-технические и организационно-административные
- **на пути распространения шума от ИШ к ОШ** (объекту шумозащиты) – градостроительные и строительно-акустические
- **в ОШ** – конструктивные и планировочные

Градостроительные методы защиты от шума

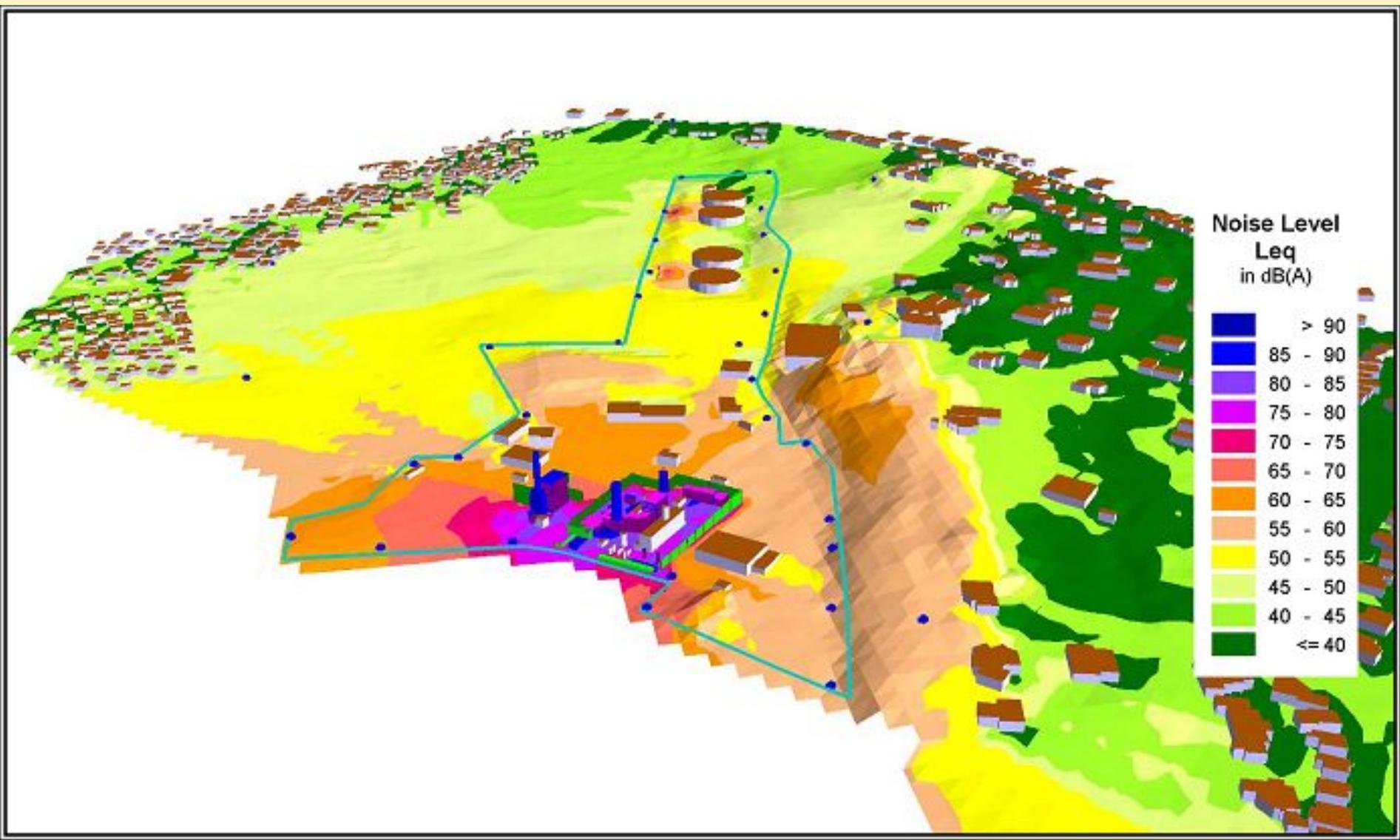
1. Функциональное зонирование территории

По уровню шума город делится на зоны:

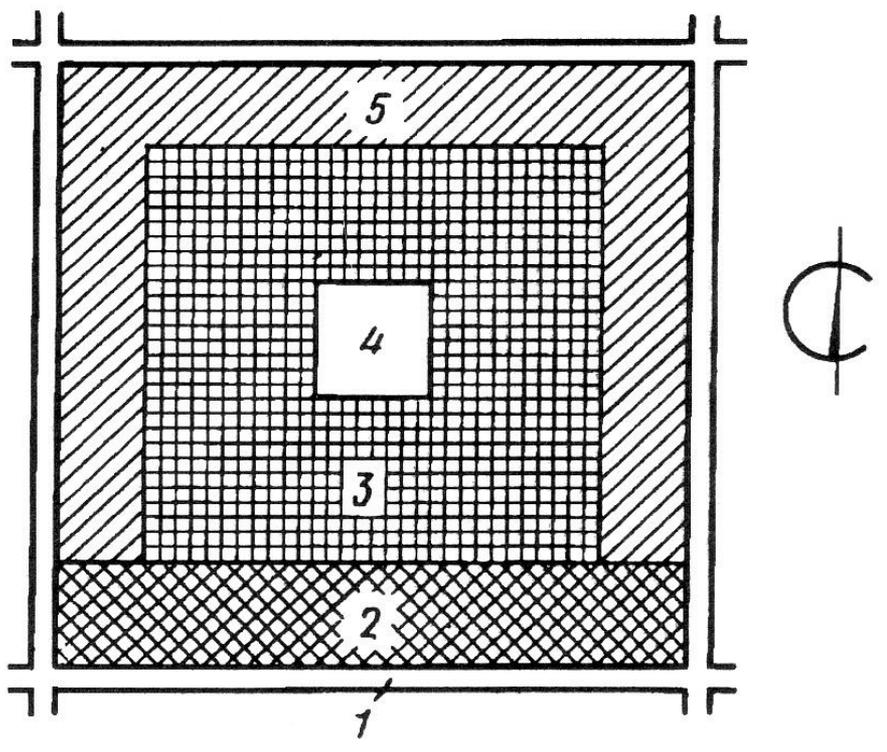
- **промышленную** – уровень звука 80 дБ;
 - **общественный и торговый центр** – 70 дБ;
 - **жилую застройку** – 60 дБ;
 - **рекреационную и лечебную** – 50 дБ.
- Функциональное зонирование территории с отделением селитебных, лечебных и рекреационных зон от промышленных, коммунально-складских зон и основных транспортных коммуникаций

Раздел «Защита от шума» должен включать:

- на стадии схемы территориального планирования, генерального плана городского или сельского поселения - **карты шума** на территориях, прилегающих к внешним автомобильным дорогам, к участкам внутренней улично-дорожной сети, к железным дорогам, к трассам водного и воздушного транспорта, к промышленным зонам и отдельным промышленным и энергетическим объектам;
- на стадии проекта **детальной планировки** района, микрорайона, квартала города - **карты шума** на соответствующей территории; **расчеты ожидаемых уровней шума** у фасадов жилых и общественных зданий с нормируемыми уровнями шума и на площадках отдыха; **перечень и обоснование мероприятий** по защите от шума зданий и непосредственно прилегающих к ним территорий.



Шумозащитное зонирование межмагистральной селитебной территории

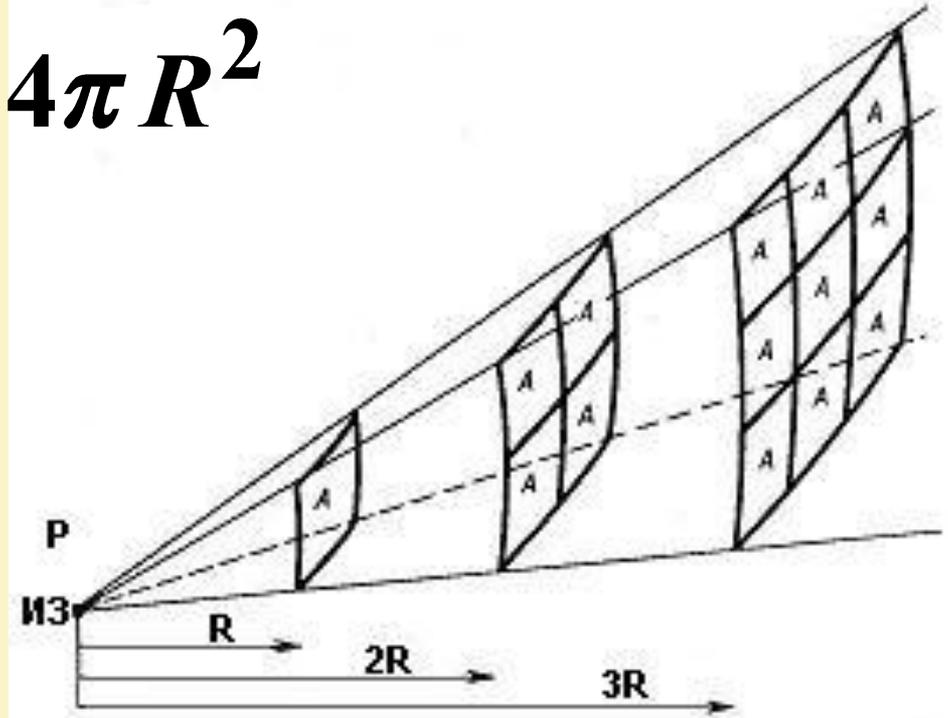
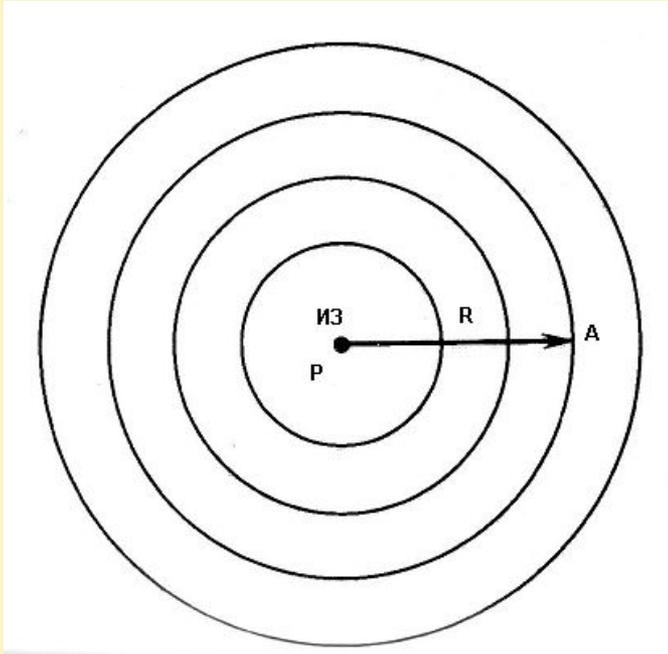


- 1 – городская магистраль
- 2 – здания нежилого назначения
- 3 – жилая застройка
- 4 – зона школ и ДДУ
- 5 – шумозащитные жилые дома

2. Удаление ОШ от ИШ

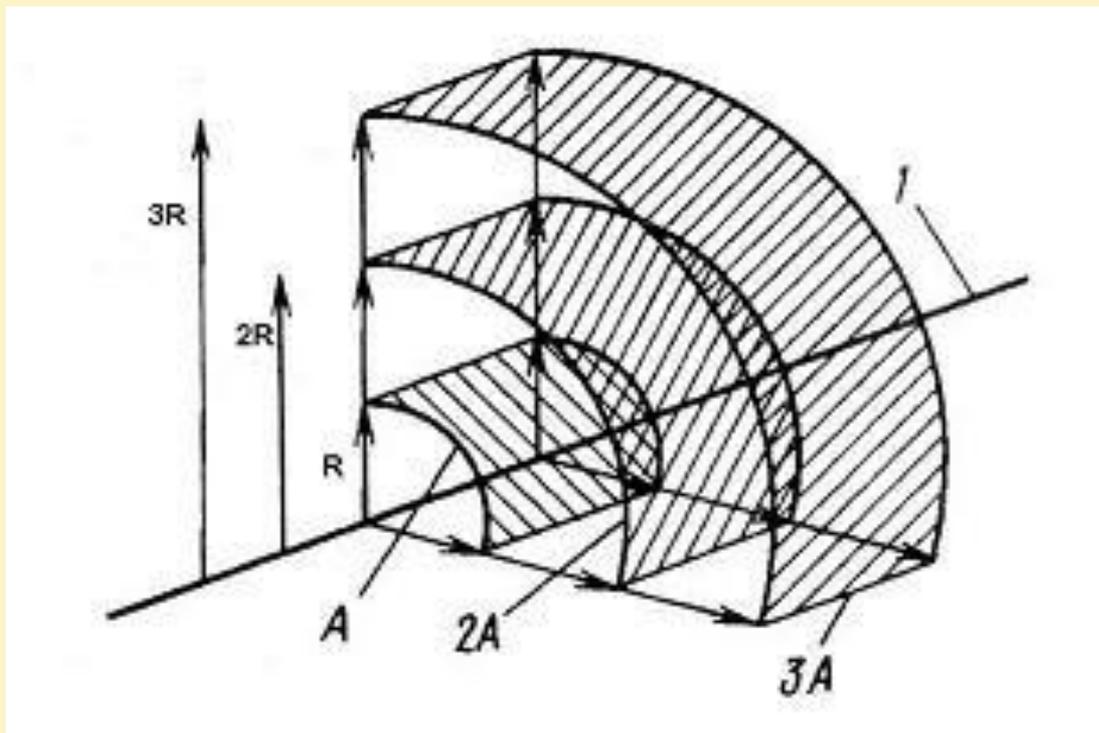
Точечный источник звука

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$



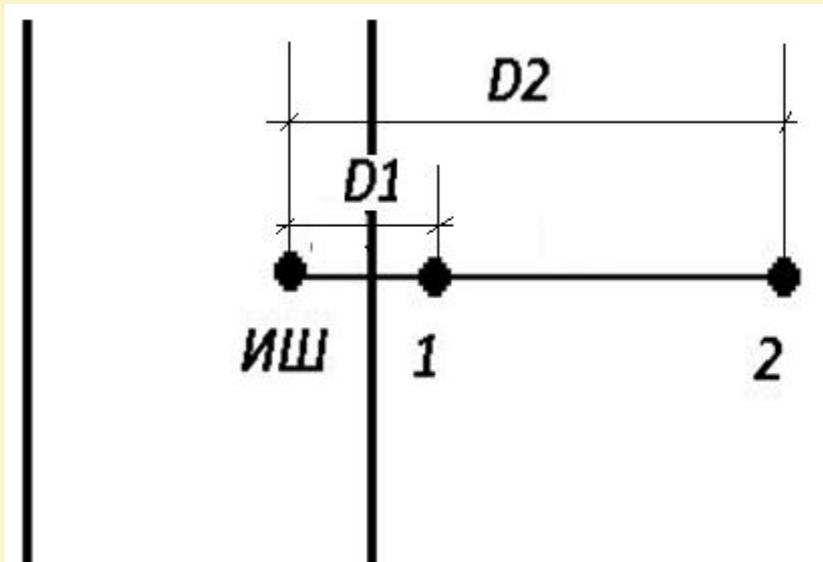
Линейный источник звука

$$I = \frac{P / l}{2\pi R}$$



2. Удаление от источника шума

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$



Для точечных ИШ

$$L_2 = L_1 - 20 \lg \frac{D_2}{D_1}$$

Пример

На расстоянии **7,5** м от ИШ уровень шума **75** дБ. Каков будет уровень шума на расстоянии **15** м?

$$L_2 = 75 - 20 \lg 15/7,5 = 75 - 20 \lg 2 = 75 - 20 \cdot 0,3 = 69 \text{ дБ}$$

При удвоении расстояния от точечного ИШ уровень звука уменьшается на 6 дБ.

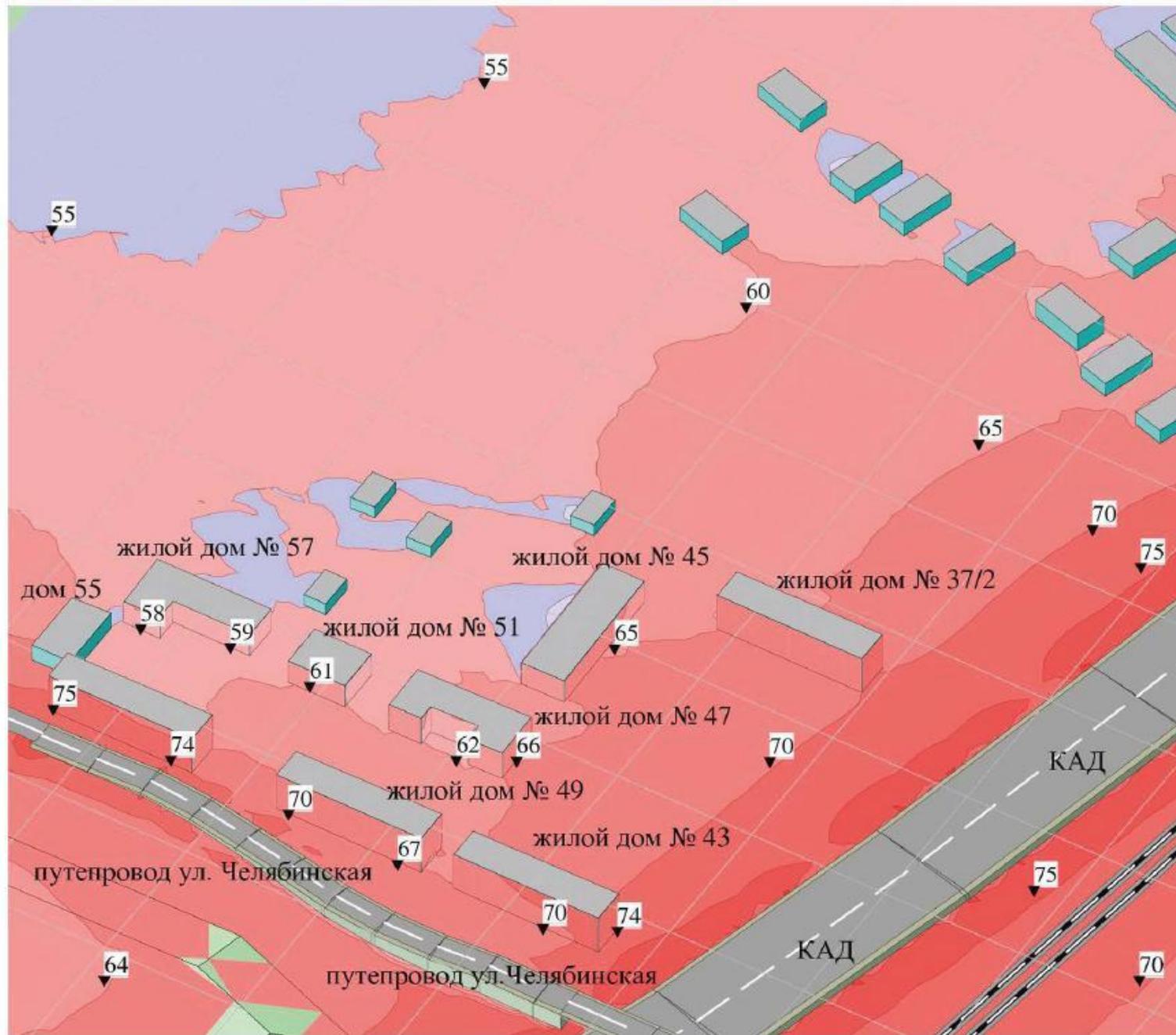
Для линейных ИШ

$$L_2 = L_1 - 10 \lg \frac{D_2}{D_1}$$

Пример

На расстоянии 7,5 м от дороги уровень шума 75 дБ.
Каков будет уровень шума на расстоянии 30 м?

$$L_2 = 75 - 10 \lg 30/7,5 = 75 - 10 \lg 4 = 75 - 2 \cdot 10 \cdot 0,3 = 69 \text{ дБ}$$



3. Зеленые насаждения

Обычные зеленые насаждения шум не снижают.

Нужно создавать специальные **шумозащитные полосы**, в которых кроны деревьев плотно примыкают друг к другу. Пространство под кронами заполнено кустарниками.

Критерий эффективности – **непросматриваемость**.

Ширина полос – не менее 10м; высота – не менее 5-8м.
Снижение шума **5-10** дБ.

Минусы - ?

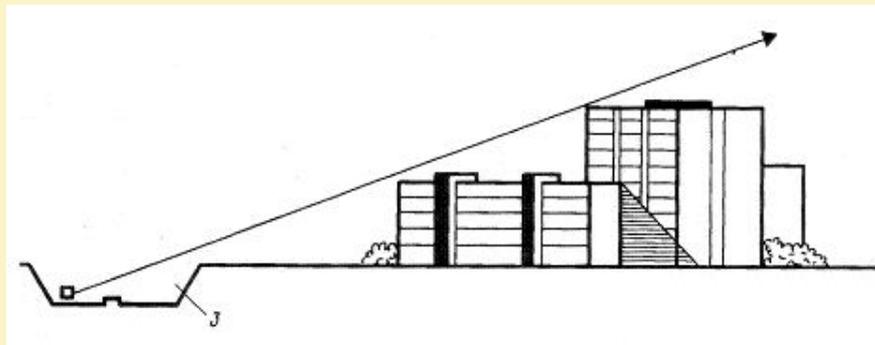
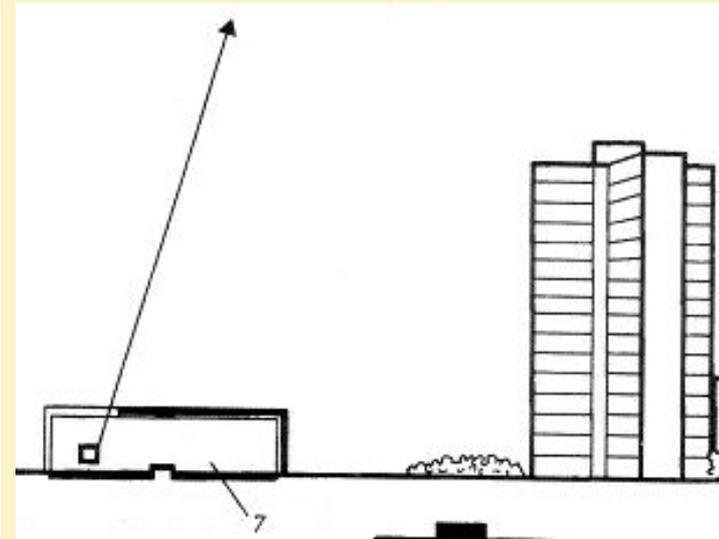
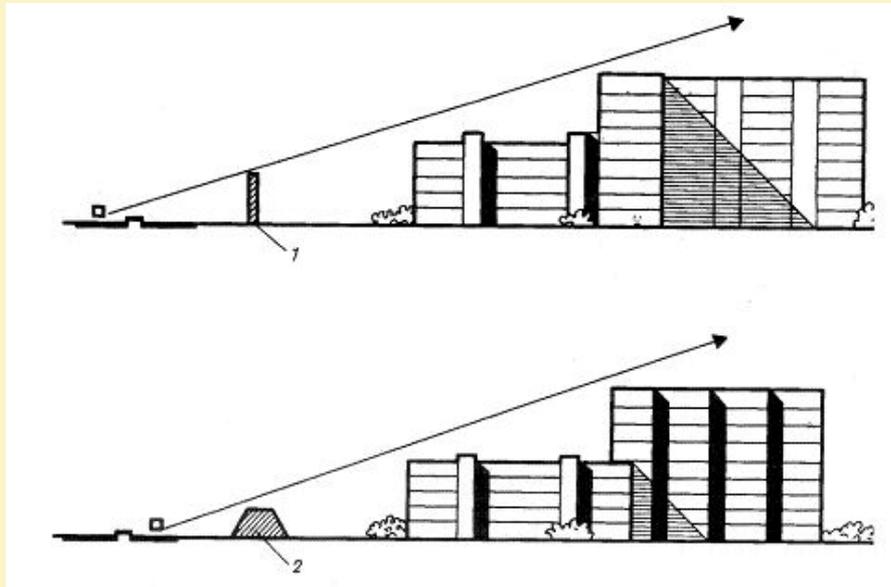
4. Шумозащитные экраны

Экраны – любые препятствия на пути распространения шума.

Шумозащитные экраны:

1. Придорожные экраны-стенки
2. Искусственные или естественные элементы рельефа
3. Здания нежилого назначения
4. Шумозащитные здания

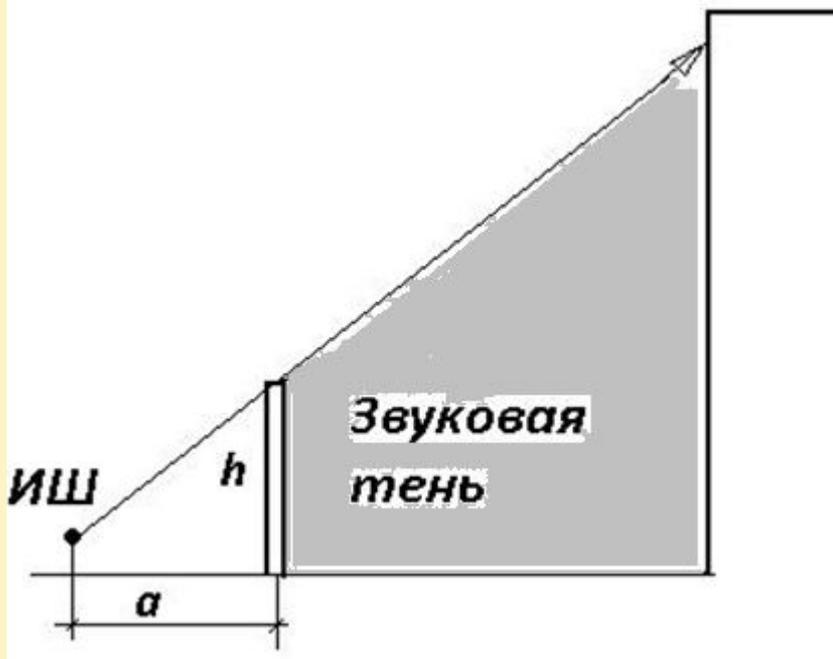
Шумозащитные экраны



Шумозащитные экраны



Шумозащитные экраны



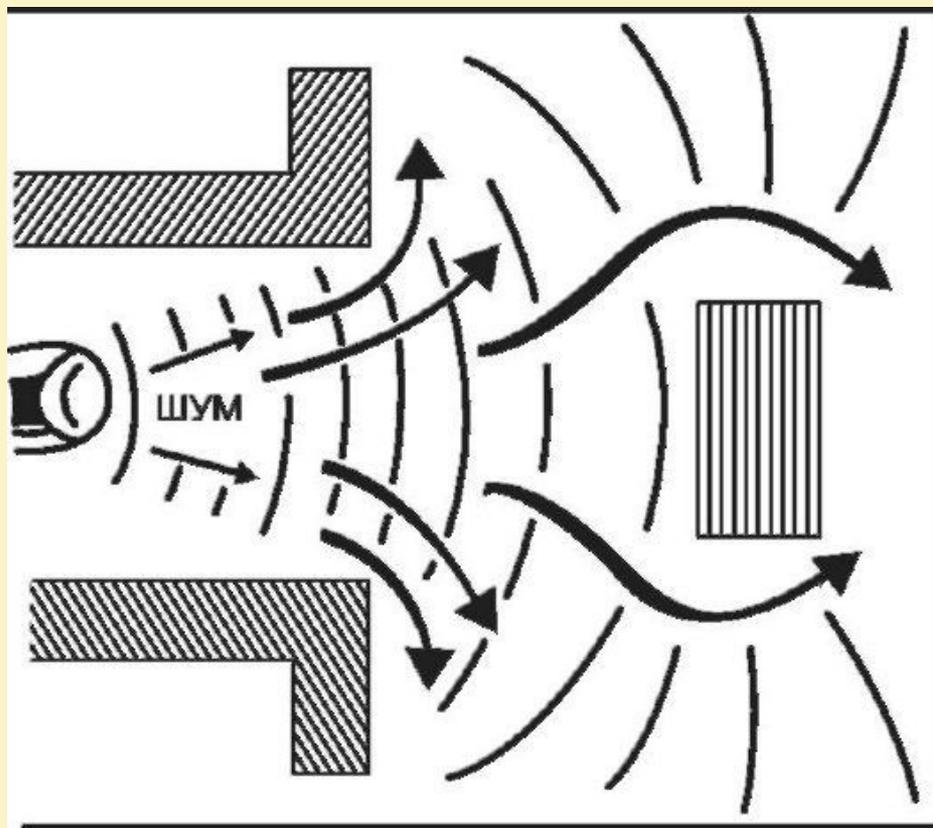
$\Delta L_{\text{э}}$ – снижение шума экраном.

Чем больше h , тем больше $\Delta L_{\text{э}}$.

Чем меньше a , тем больше $\Delta L_{\text{э}}$.

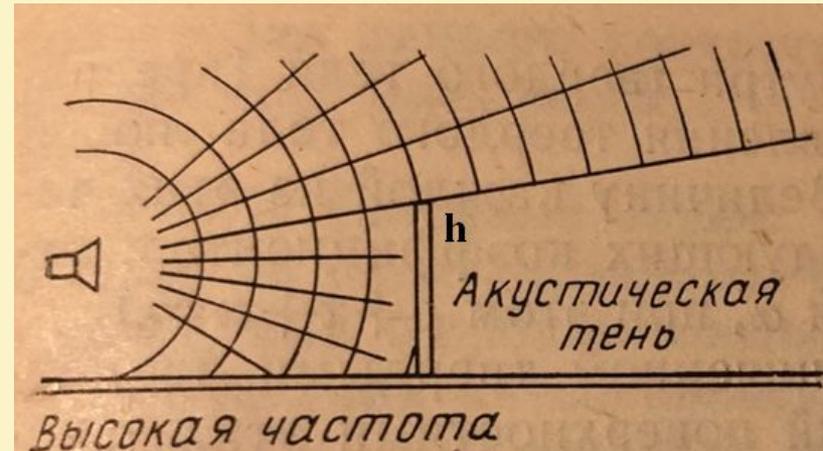
Влияние препятствий на распространение звука

Дифракция звука – огибание волнами препятствий, отклонение волн от прямолинейного распространения

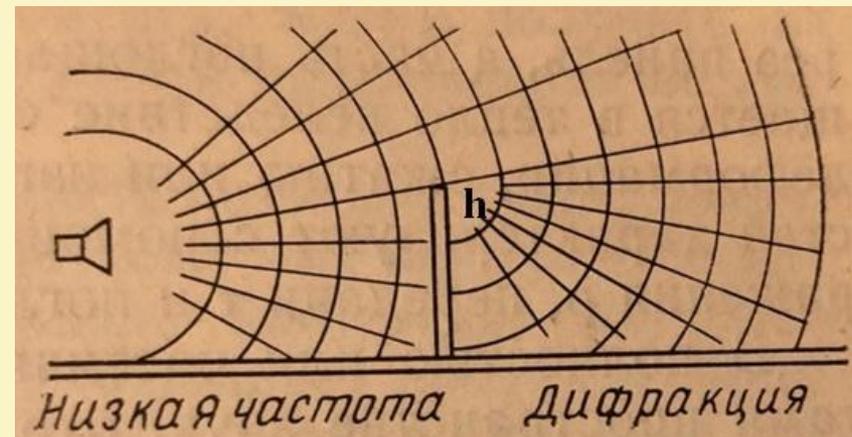


Степень проявления дифракции зависит от соотношения длины волны λ и размеров преграды (h)

$\lambda \ll h \rightarrow$ большая частота
 \rightarrow дифракция отсутствует



$\lambda \sim h \rightarrow$ низкая частота \rightarrow
сильная дифракция



Шумозащитные экраны



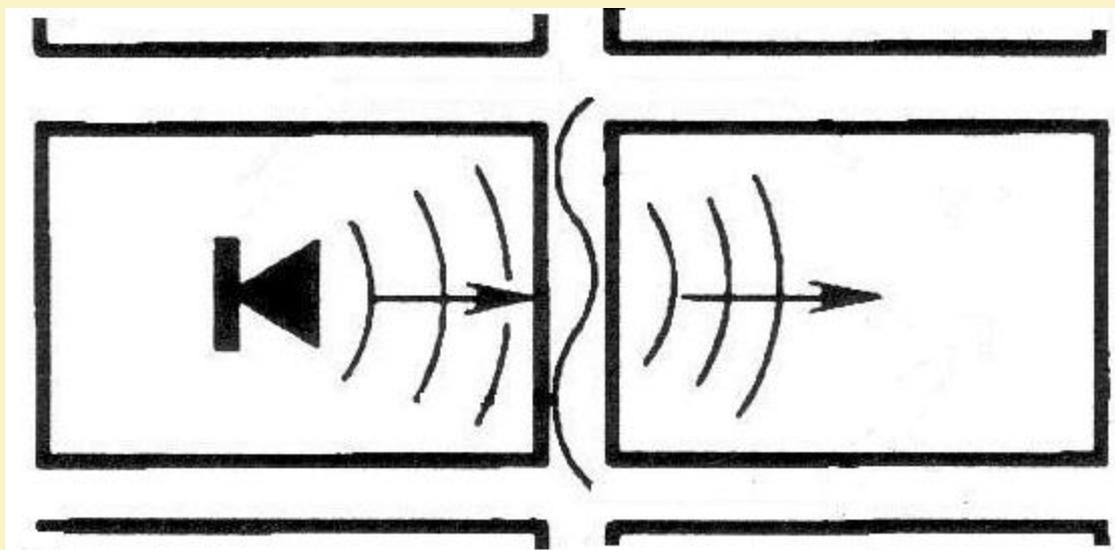
Методы защиты зданий от шума

I I. Рациональная внутренняя планировка здания

- Помещения с ИШ должны быть сосредоточены в одном месте и удалены от жилых и рабочих помещений (котельные, насосные, лифтовые шахты и пр. не должны примыкать к жилым помещениям).
- Жилые комнаты должны быть отделены от лестничных клеток кухнями, ванными, коридорами и т.п.

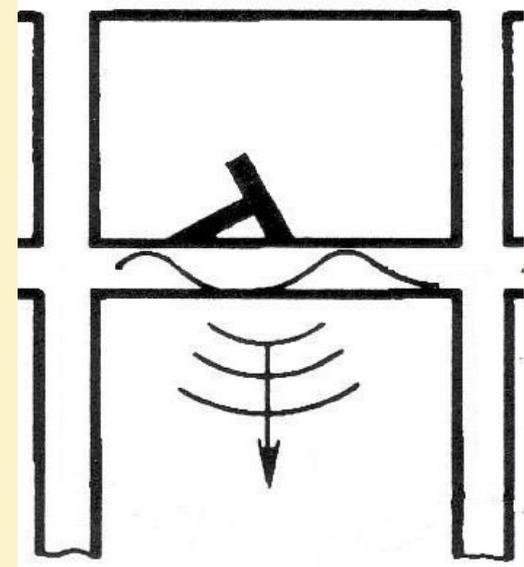
Виды шума в зданиях

I. Воздушный шум – передача звуковой энергии через ограждающую конструкцию; при этом источник шума не связан с конструкциями.

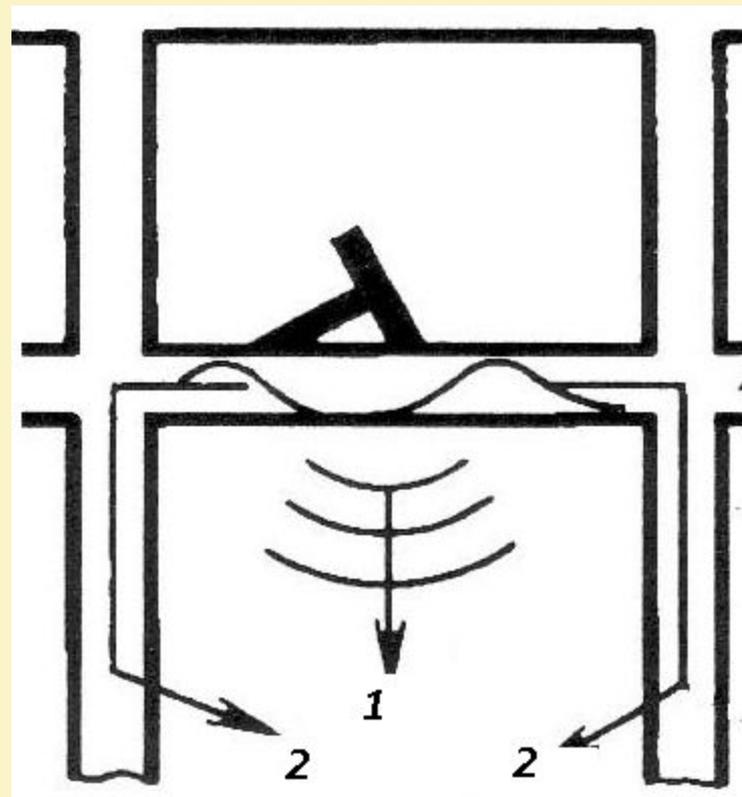
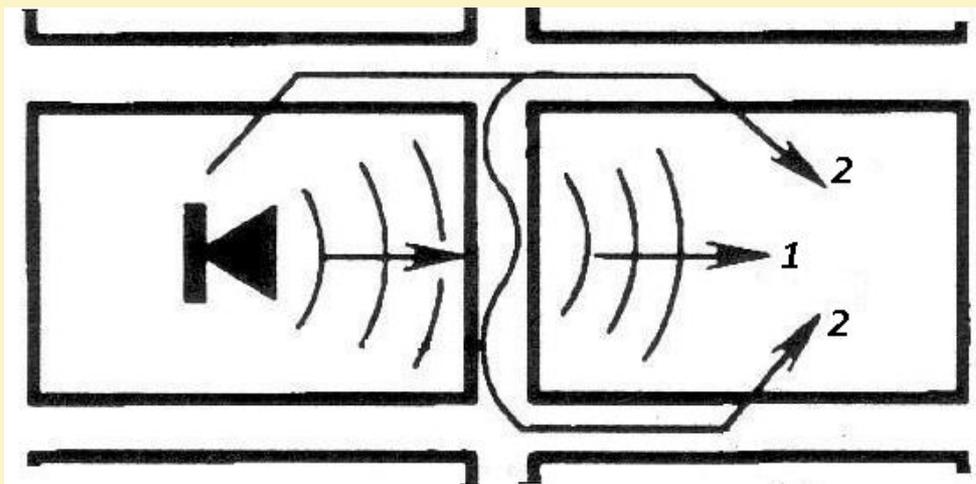


Виды шума в зданиях

II. Ударный шум возникает при ударных воздействиях на перекрытие (ходьба, танцы, перестановка мебели и пр.)



**Пути передачи шума могут быть прямыми (1)
и косвенными (2).**



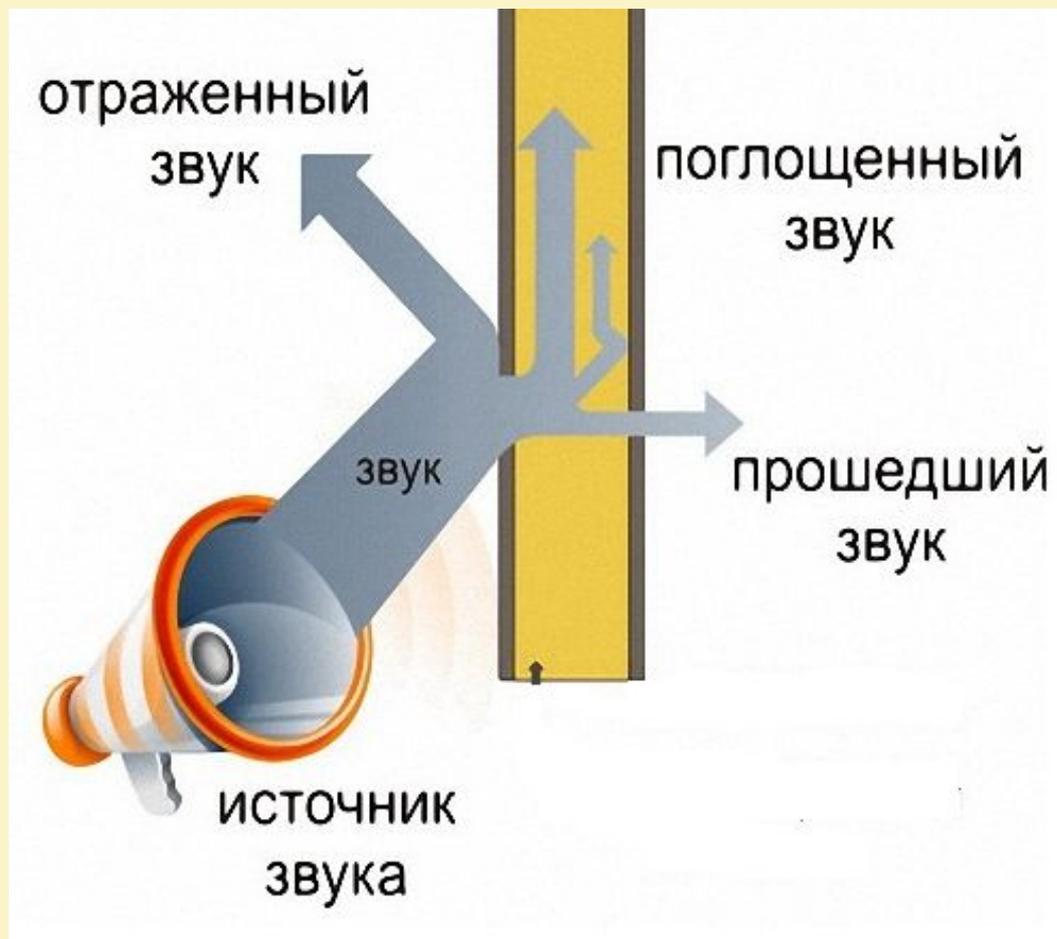
- Косвенные пути приводят к распространению колебаний по конструкциям всего здания. Колеблющиеся конструкции излучают шум в помещениях, расположенных далеко от источника. Такой шум называется **структурным**.
- В расчетах рассматриваются лишь **прямые** пути передачи шума.

Методы защиты зданий от шума

III. Конструктивные

1. Применение **ограждающих конструкций с требуемой звукоизоляцией** (*от внешних и внутренних шумов*)
2. Применение **окон с надлежащей звукоизоляцией**, соответствующей ориентации (*от внешних шумов*)
3. Применение **звукопоглощающих облицовок**

Взаимодействие звуковых волн и ограждения



Нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций

I. Изоляция от воздушного шума - ослабление звуковой энергии при передаче ее через ограждение.

Нормируемая характеристика - **индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ.**

Показывает разность уровней шума до и после прохождения звука через конструкцию (на сколько ослабеваает шум).

Нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций

• Ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям изоляции от воздушного шума, если

$$R_w \geq R_w^H ,$$

где R_w^H – нормативный индекс изоляции воздушного шума.

Нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций

II. Изоляция от ударного шума – способность перекрытий снижать шум в помещении под перекрытием.

Нормируется **индекс приведенного уровня ударного шума L_w , дБ.**

Показывает ожидаемый уровень шума в помещении под перекрытием.

Нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций

- Перекрытие удовлетворяет требованиям изоляции от ударного шума, если

$$L_w \leq L_w^H ,$$

где L_w^H – нормативный индекс приведенного уровня ударного шума.

Примеры нормативных значений индексов

L_w^H относится только к перекрытиям

Ограждающая конструкция	R_w^H , дБ	L_w^H , дБ
Стены и перекрытия между квартирами	52	60
Перекрытия между квартирами и расположенными под ними кафе, спортзалами	57	63
Стены и перекрытия между аудиториями	47	63

В помещении с источником	В помещении с приемником	Требуемая величина звукоизоляции R'_w в дБ при базовом шуме в помещении с приемником в 30 дБ
Нормальный разговор	Хорошо понятный	35
Нормальный разговор	Еле слышный	40
Громкий разговор: радио, телевизор нормальной громкости	Неразборчивый	45
	Хорошо понятно	45
Громкий разговор: радио, телевизор нормальной громкости	Слабо слышимый	50
	Слабо слышимы	50
Нормальный разговор: радио, телевизор, установленные на большую громкость	Не слышен	55
	Еще еле слышен	55
Громкий разговор: радио, телевизор большой громкости	Не слышен	60
	Не слышен	60

Конструктивные средства, повышающие звукоизоляцию

I. Воздушный шум

- 1) Чтобы снизить звукопередачу, нужно **уменьшить колебания конструкции**. Для этого следует **увеличить массу конструкции**.

Закон массы:

при удвоении массы R_w возрастает в среднем на 6 дБ.

Воздушный шум

Индекс R_w определяется, прежде всего,
поверхностной массой стены m , кг/ м²,

$$m = d \cdot \rho ,$$

где d – толщина однослойной стены, м;

ρ – плотность материала, кг/ м³.

Чтобы увеличить R_w , нужно увеличить массу, т.
е. – толщину стены.

Пример

Стена из кирпичной кладки, оштукатуренная с двух сторон ($\rho=1800 \text{ кг/м}^3$)

-толщиной $d=120\text{мм}$: $R_w = 45 \text{ дБ}$;

-толщиной $d=250\text{мм}$: $R_w = 51 \text{ дБ}$.

Если нужно обеспечить $R_w > 55 \text{ дБ}$,
однослойные стены не подходят.

Увеличение толщины нарушает устойчивость здания и отнимает пространство.

Воздушный шум

2)(Чтобы снизить звукопередачу), можно обеспечить рассеяние и поглощение звуковой энергии внутри самой конструкции, для этого – использовать многослойные конструкции.

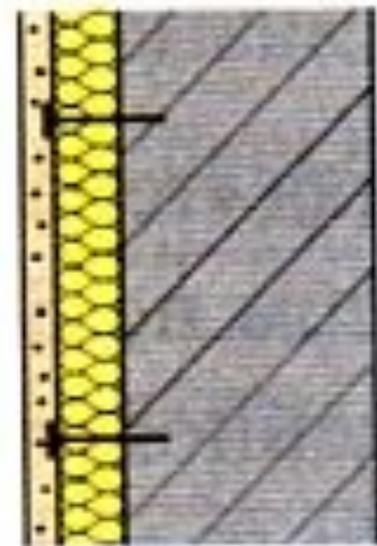
Например, можно повысить звукоизоляцию массивного однослойного ограждения, используя облицовку на отnose.

Пример.

Железобетонная панель

($d=140\text{мм}$; $\rho=1800\text{ кг/м}^3$): $R_w = 48\text{ дБ}$;

- с одной плитой на отnose: $R_w = 53\text{ дБ}$;
- с двумя плитами на отnose: $R_w = 56\text{ дБ}$.



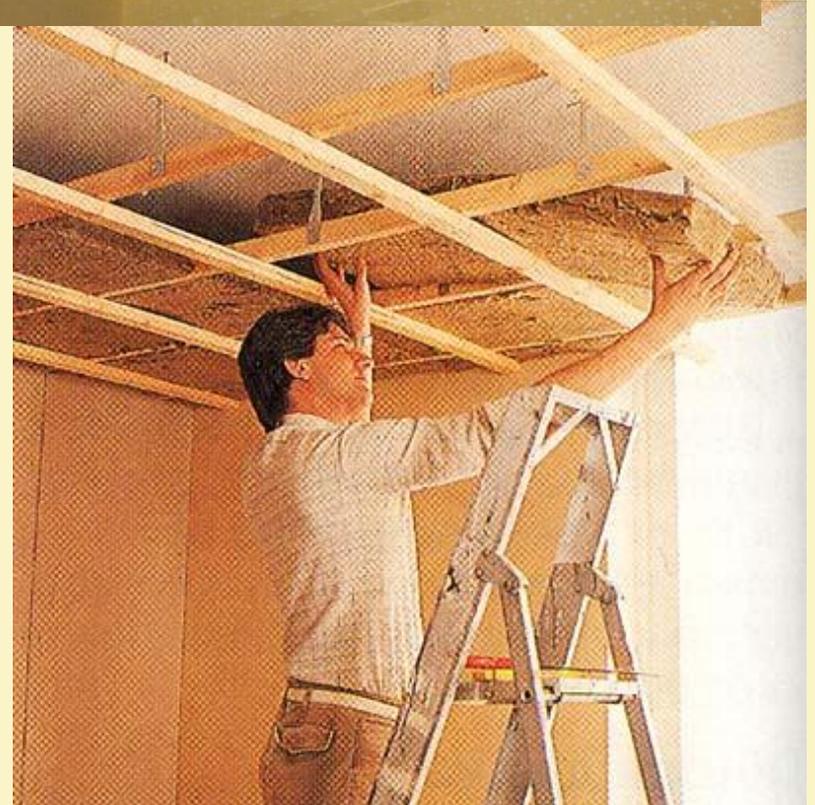
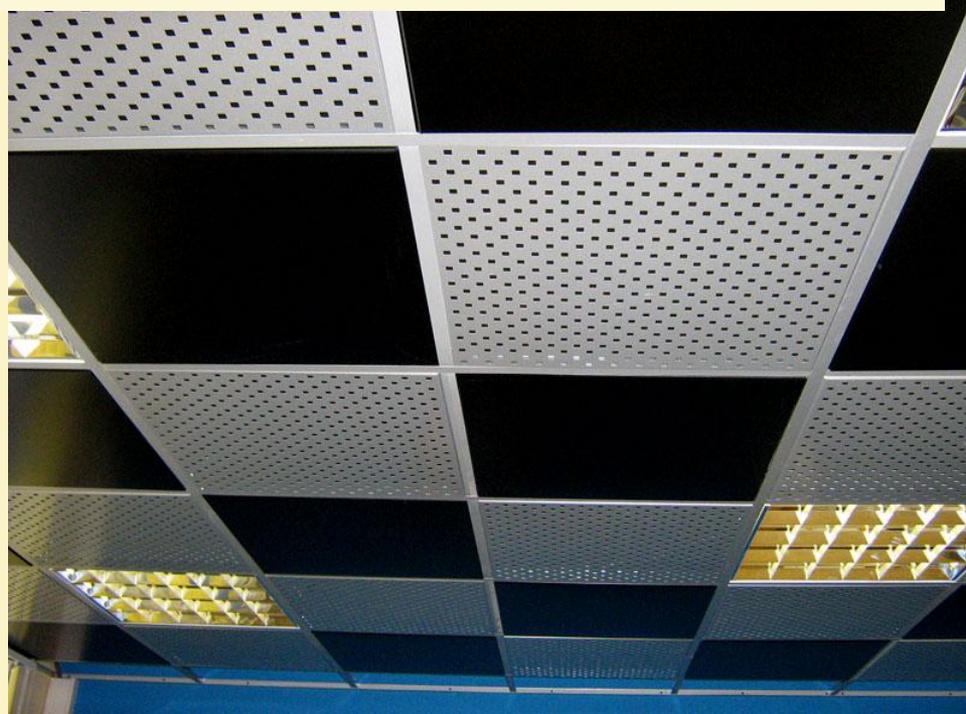
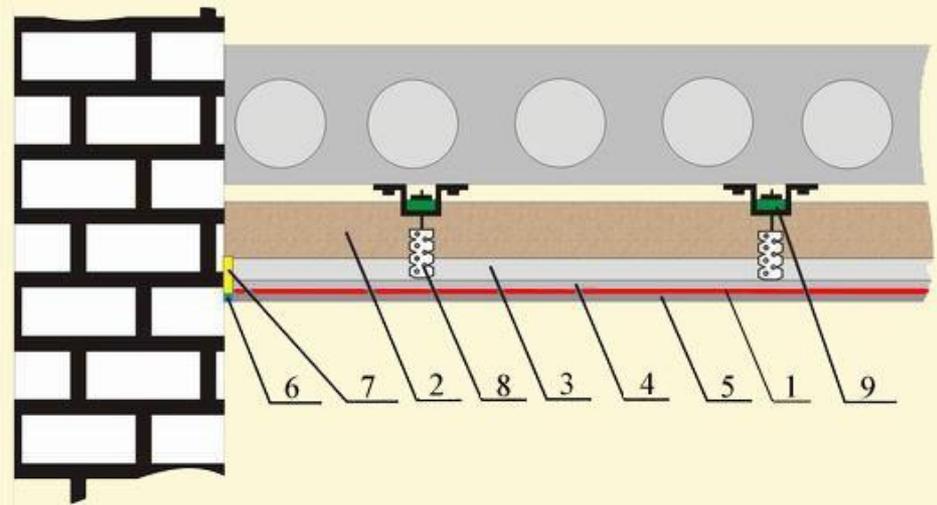
Звукоизоляция от воздушного шума двухслойных конструкций тем лучше:

- Чем тяжелее тяжелая панель
- Чем более гибкой является плита на отnose или подвесной потолок
- Чем больше расстояние между плитами
- Чем менее жестко связаны обе плиты друг с другом

Для междуэтажных перекрытий, разделяющих тихие и шумные помещения ($R_w^H = 57-62\text{дБ}$)

- Использовать **плиты** из монолитного железобетона **повышенной толщины**
- Устраивать **промежуточный** (технический) **2-ой этаж**
- Всегда при размещении в первых этажах шумных помещений устраивать в них **звукопоглощающие подвесные потолки**

Звукопоглощающие подвесные потолки



Конструктивные средства, повышающие звукоизоляцию

II. Ударный шум

Проблема: увеличение массы плиты перекрытия почти не снижает ударный шум.

Монолитное ж/б перекрытие толщиной 250мм имеет индекс $L_w = 74\text{дБ}$ (при норме 60дБ).

Решение: применяются различные **конструкции полов на звукоизоляционном слое.**

Плавающий пол

Между перекрытием и стяжкой – мягко пружинящий слой. Он выполняет шумозащитную функцию.



