

---

# Архитектурная акустика

---

*Лекция №4*

---

**ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ  
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ  
ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ  
ЗДАНИЙ**

---



# 1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий являются:

- - **индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями  $R_w$ , дБ** (см.табл.1);
- - **индексы приведенного уровня ударного шума (для перекрытий)  $L_{nw}$ , дБ** (см.табл.1).

- 
- Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, остеклений) является **звукоизоляция внешнего шума, производимого потоком городского транспорта  $R_{A^{ТРАН}}$ , дБА.** (см.табл.2).
-

**Таблица 1.** - Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями и индексов приведенного уровня ударного шума для жилых, общественных зданий, а также для вспомогательных зданий производственных предприятий

№ п.п.	Наименование и расположение ограждающей конструкции	$R_w$ , дБ	$L_{nw}$ , дБ
1	<p><b>ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ</b></p> <p>Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений:</p> <p>в домах категории А*</p> <p>в домах категории Б</p> <p>в домах категории В</p>	<p>54</p> <p>52</p> <p>50</p>	<p>55</p> <p>58</p> <p>60</p>
2	<p>Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями:</p> <p>в домах категории А</p> <p>в домах категории Б</p> <p>в домах категории В</p>	<p>54</p> <p>52</p> <p>50</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

\*Категория здания определяется техническим заданием на проектирование:

- категория А — высококомфортные условия;

- категория Б — комфортные условия;

- категория В — предельно допустимые условия.

**Таблица 2.** – Нормативные значения к звукоизоляции окон для жилых комнат, номеров гостиниц, общежитий, кабинетов и рабочих комнат административных зданий, палат больниц, кабинетов врачей площадью до 25 м<sup>2</sup>

№ п.п.	Назначение помещений	Требуемые значения $R_{A, \text{тран}}$ , дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания, дБА, при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик»)				
		60	65	70	75	80
1	Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
2	Жилые комнаты квартир в домах: категории А категорий Б и В	15	20	25	30	35
		—	15	20	25	30
3	Жилые комнаты общежитий	—	—	15	20	25
4	Номера гостиниц: категории А категории Б категории В	15	20	25	30	35
		—	15	20	25	30
		—	—	15	20	25
5	Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
6	Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах: категории А категорий Б и В	—	—	15	20	25
		—	—	—	15	20

---

# **I. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ**

---

# 1. Методика определения индекса изоляции воздушного шума $R_w$ ,

- Индекс изоляции воздушного шума  $R_w$ , дБ, ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой, приведенной в таблице 3.

**Таблица 3 - оценочные кривые для изоляции воздушного шума  $R_i$ , приведенного уровня ударного шума  $L_n$  и скорректированного уровня звукового давления эталонного спектра  $L_i$**

параметр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b><math>R_i</math></b>	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
<b><math>L_n</math></b>	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
<b><math>L_i</math></b>	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

---

Для определения индекса изоляции воздушного шума необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой.

- Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой.
  - Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса составляет 52 дБ.
  - Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала указанную величину.
-

- Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой максимальна приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.
- За величину индекса принимается ордината смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.

## Пример расчета:

Определить индекс изоляции воздушного шума перегородкой из тяжелого бетона  $\gamma = 2500$  кг/м<sup>3</sup> толщиной 100 мм, расчетная частотная характеристика  $R$  приведена в таблице:

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b><i>R</i></b>	36	36	36	36	36	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b><i>R</i></b>	36	36	36	36	36	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
<b><i>R<sub>w</sub></i></b>	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
<b><i>H. o.</i></b>	-	-	3	6	9	12	13	12	11	10	9	8	6	4	2	-

Сумма неблагоприятных отклонений составила 105 дБ, что значительно больше 32 дБ.

Смещаем оценочную кривую вниз на 7 дБ и находим сумму неблагоприятных отклонений уже от смещенной оценочной кривой.

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц																
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
<b><i>R</i></b>	36	36	36	36	36	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	
<b><i>Ri</i></b>	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
<b><i>H. o.1</i></b>	-	-	3	6	9	12	13	12	11	10	9	8	6	4	2	-	
<b><i>О.К. смещ на 7 дБ</i></b>	26	29	32	35	38	41	44	45	46	47	48	49	49	49	49	49	
<b><i>H. o.2</i></b>	-	-	-	-	2	5	6	5	4	3	2	1	-	-	-	-	
<b><i>Rw</i></b>									<b>45</b>								

На этот раз она составляет 28 дБ, что менее 32 дБ. За величину индекса изоляции воздушного шума принимаем значение смешенной оценочной кривой в 1/3-октавной полосе 500 Гц, т.е. = 45 дБ.

## 2. Методика определения индекса приведенного уровня ударного шума *L<sub>nw</sub>*

- Индекс приведенного уровня ударного шума для перекрытия с известной частотной характеристикой приведенного уровня ударного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой  $L_i$ , приведенной в таблице 4, п. 2.

**Таблица 3 - оценочные кривые для изоляции воздушного шума  $R_i$ , приведенного уровня ударного шума  $L_n$  и скорректированного уровня звукового давления эталонного спектра  $L_i$**

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b><math>R_i</math></b>	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
<b><math>L_n</math></b>	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
<b><math>L_i</math></b>	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Для вычисления индекса  $L_{nw}$  необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой  $L_i$ . Неблагоприятными считаются отклонения вверх от оценочной кривой.

- Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса  $L_{nw}$  составляет **60 дБ**.
- Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой не превышала указанную величину.
- Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вниз (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

- 
- За величину индекса принимается ордината смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.
-

### 3. Методика определения звукоизоляции наружных ограждений $R_{A \text{ тран}}$ , дБА.

- Величина звукоизоляции окна  $R_{A \text{ тран}}$ , дБА, определяется на основании частотной характеристики изоляции воздушного шума окном с помощью эталонного спектра шума потока городского транспорта  $L_i$ .
- Уровни эталонного спектра, скорректированные по кривой частотной коррекции «А» для шума с уровнем 75 дБА, приведены в таблице 4, п. 3.

**Таблица 3 - оценочные кривые для изоляции воздушного шума  $R_i$ , приведенного уровня ударного шума  $L_n$  и скорректированного уровня звукового давления эталонного спектра  $L_i$**

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<b><math>R_i</math></b>	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
<b><math>L_n</math></b>	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
<b><math>L_i</math></b>	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Для определения величины звукоизоляции окна (по известной частотной характеристике изоляции воздушного шума) необходимо:

- в каждой третьоктавной полосе частот из уровня эталонного спектра  $L_i$  вычесть величину изоляции воздушного шума  $R_i$  данной конструкцией окна. Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

Величина звукоизоляции окна  $R_{A \text{ тран}}$  определяется по формуле:

$$R_{A..тран.} = 75 - 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)}$$

Где:

**$L_i$**  - скорректированные по кривой частотной коррекции «А» уровни звукового давления эталонного спектра в  $i$ -й третьоктавной полосе частот, дБ, по таблице 4, п. 3;

**$R_i$**  - изоляция воздушного шума данной конструкцией окна в  $i$ -й третьоктавной полосе частот, дБ.

Результат вычисления округляется до целого значения, дБА.

---

**Пример 3.** Определить звукоизоляцию окна  $R_A$  тран  
(изоляцию воздушного шума, создаваемого потоком  
городского транспорта).

- Частотная характеристика изоляции воздушного шума данной конструкцией окна (*окно из ПВХ профиля с распашными створками, остеклено двухкамерным стеклопакетом 4 — 12 — 4 — 12 — 4 мм, в притворе два контура уплотняющих прокладок*) по представленным фирмой-изготовителем результатам лабораторных испытаний приведена в таблице 4 (п. 2).
  - Расчет проводится по форме таблицы 4.
-

## Таблица 4

пар аме тр	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<i>Li</i>	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60
<i>R</i>	23	24	22	21	25	28	29	31	34	36	38	38	39	39	37	35
<i>Li</i> <i>- R</i>	32	31	35	38	35	33	33	32	30	30	29	28	26	25	25	25

Находим разность между уровнями звукового давления эталонного спектра  $Li$  (п.1) и значениями изоляции воздушного шума данной конструкцией  $Ri$  (п. 2), получаем величины уровней звукового давления условно «прошедшего» через окно шума (п. 3).

---

Полученные величины уровней складываем энергетически и результат сложения вычитаем из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

- Для некоторого упрощения энергетического суммирования группируем уровни (п. 3) по одинаковым значениям.
  - Получаем три уровня по 25 дБ, по два уровня со значениями 32, 35, 33 и 30 дБ, по одному уровню 38, 31, 29, 28 и 26 дБ. Определяем уровень звука, дБА, условно «прошедшего» через окно шума, суммируя значения п. 3 по энергии:
-

---

$$\begin{aligned} 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)} &= 10 \lg(3 \cdot 10^{2,5} + 2 \cdot 10^{3,2} + 2 \cdot 10^{3,5} + 2 \cdot 10^{3,3} + \\ &+ 2 \cdot 10^3 + 10^{3,8} + 10^{3,1} + 10^{2,9} + 10^{2,8} + 10^{2,6}) = 10 \lg(3 \cdot 316 + 2 \cdot 1585 + \\ &+ 2 \cdot 3162 + 2 \cdot 1995 + 2 \cdot 1000 + 6309 + 1259 + 794 + 631 + 398) = \\ &= 10 \lg 25823 = 44,1 \text{ дБ} \end{aligned}$$

---

---

Звукоизоляция данного окна  
(применительно к шуму потока городского  
транспорта)

$$R_{A..тран.} = 75 - 44,1 = 30,9 \approx 31 \text{ дБА}$$



---

**II. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ  
ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО  
ШУМА ОГРАЖДАЮЩИХ  
КОНСТРУКЦИЙ  
ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ  
ЗДАНИЙ.**

---

## ТИПЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Внутренние  
ограждающие конструкции (ОК)  
жилых зданий

I. Однослойные  
ограждения

II. Многослойные  
ограждения

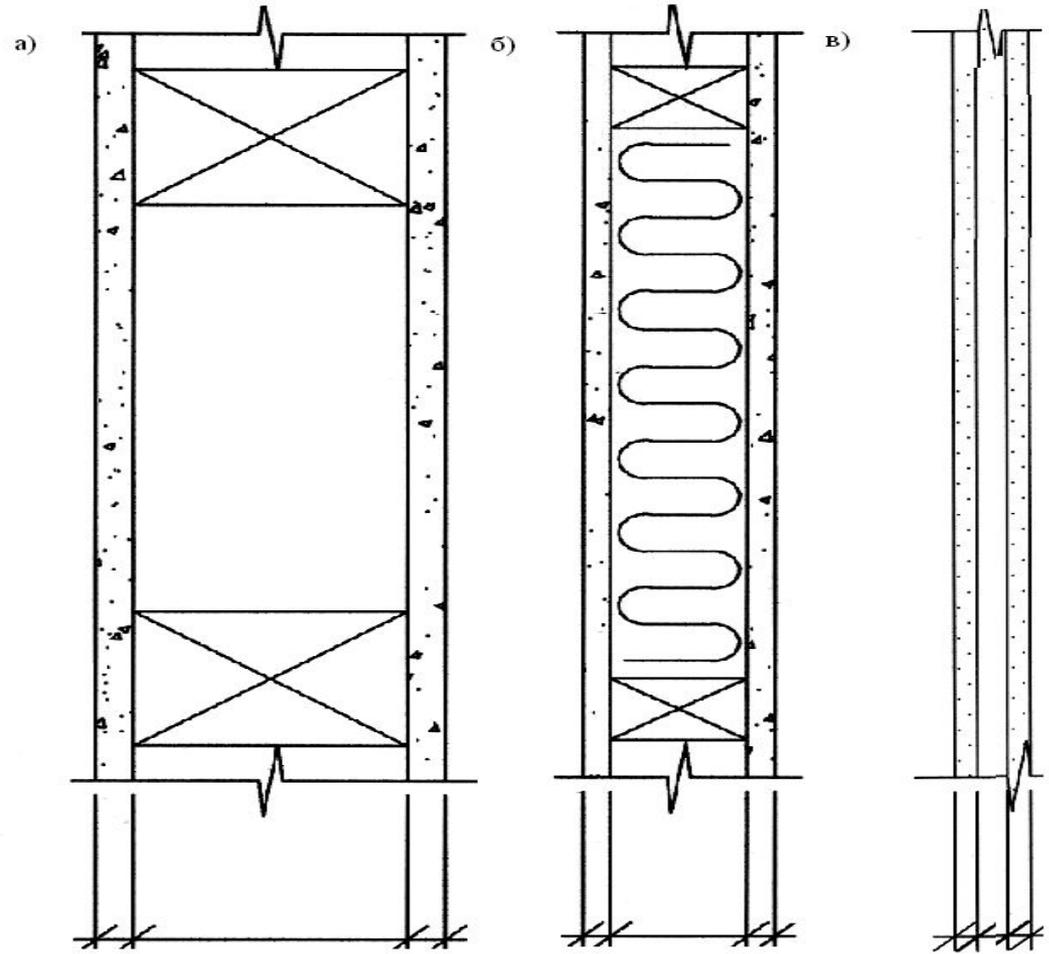
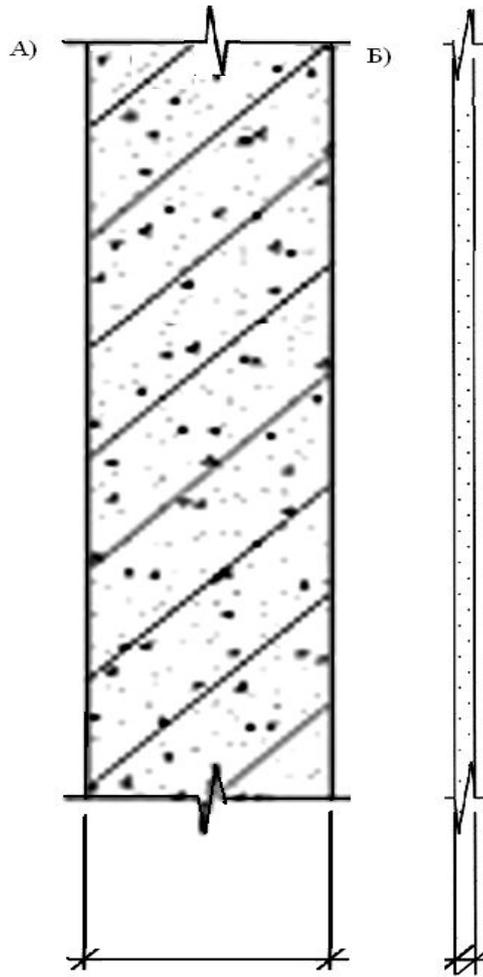
**а)** акустически  
однородные,  
однослойные  
массивные  
ограждения  
(бет., кирпич. и  
др.) рис. 1 - а

**б)** однослойн  
ые тонкие  
ограждени  
я (стекло,  
металл,  
ДВП, ДСП,  
гипсокарто  
н) рис. 1 -  
б

**в)** ОК,  
состоящие из  
двух тонких  
листов с  
воздушным  
промежутком  
между ними  
при  
одинаковой  
толщине  
листов  
рис. 8 – а, в

**г)** ОК,  
состоящие  
из двух  
тонких  
листов с  
воздушным  
промежутком  
между ними  
при  
различной  
толщине  
листов.

**д)** ОК,  
состоящие из  
двух тонких  
листов при  
заполненном  
воздушном  
промежутке  
пористым или  
пористо-  
волокнистым  
материалом.  
рис. 8 - б



# 1. Методика построения частотных характеристик акустически однородных ограждений

- К акустически однородным конструкциям кроме сплошных, состоящих из одного материала, относятся также конструкции из нескольких слоев разнородных материалов, жестко связанных между собой (например, оштукатуренные кирпичные или керамзитобетонные стены).

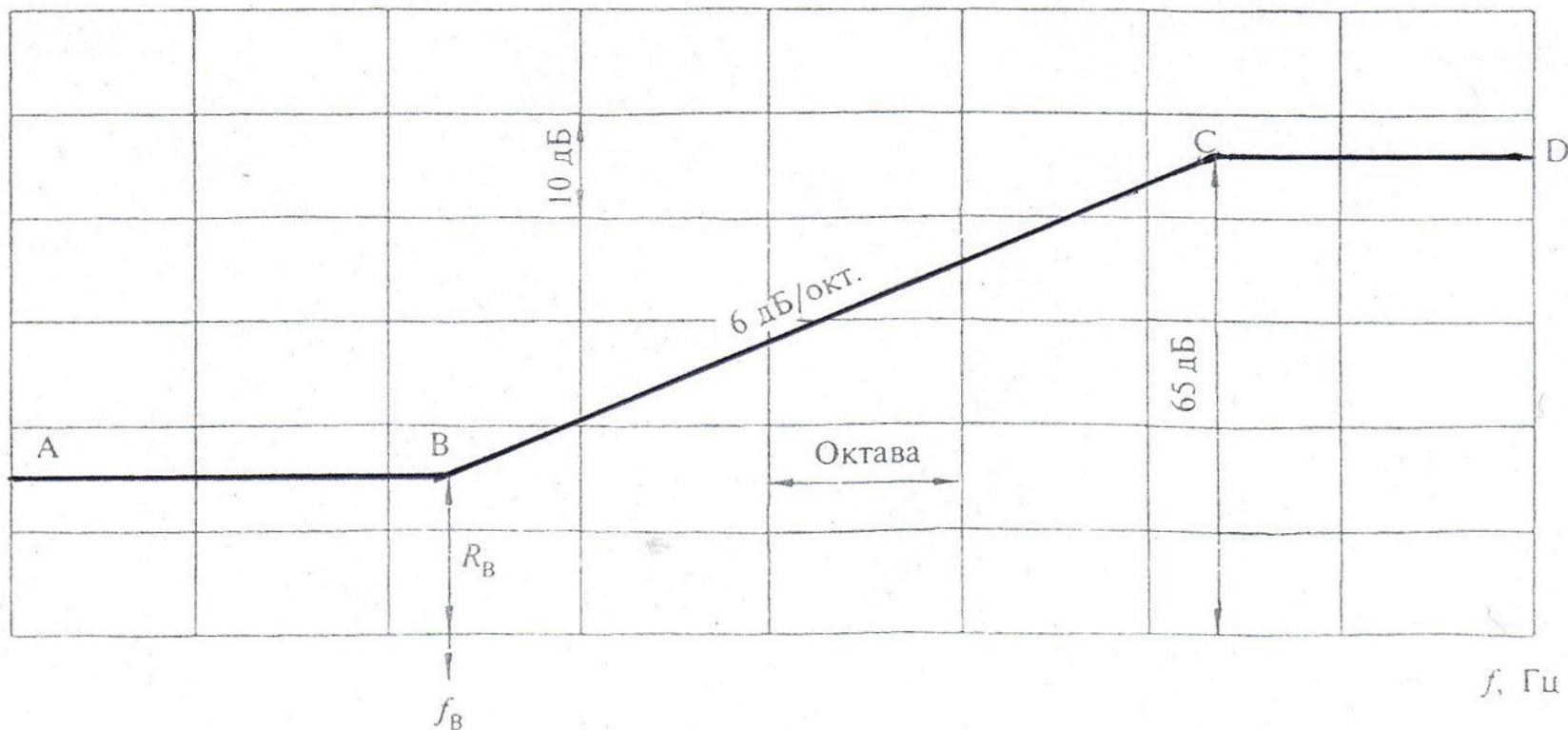
---

## Расчет индекса изоляции воздушного шума акустически однородных ограждений состоит из:

- построения частотной характеристики звукоизолирующей способности этого ограждения,
  - вычисления индекса изоляции воздушного шума  $R_w$ , дБ,
  - сравнения его с нормативным индексом по таблице 1.
-

Частотную характеристику изоляции воздушного шума однослойной плоской ограждающей конструкцией сплошного сечения с поверхностной плотностью от 100 до 800 кг/м<sup>2</sup> из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рисунке 1.

$R$ , дБ



---

Расчет и построение частотной характеристики звукоизолирующей способности ограждения производится в следующем порядке:

- а) определяется поверхностная плотность ограждения ,  $m = h \cdot \gamma$  кг/м<sup>2</sup>
  - б) Строится график, по оси абсцисс которого откладываются частоты в диапазоне 100-6000 Гц
  - в) Построение кривой начинается с горизонтального участка ВА.
-

Абсциссу точки В - следует определять по таблице в зависимости от толщины и плотности материала конструкции. Значение следует округлять до среднегеометрической частоты, в пределах которой находится .

Таблица 5:

Плотность бетона $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$f_v$ , Гц ( $h$ мм)
$\geq$ 1800	29000 /h
1600	31000 /h
1400	33000 /h
1200	35000 /h
1000	37000 /h
800	39000 /h
600	40000 /h

$h$  – толщина ограждения, мм;

## Границы третьоктавных полос приведены в таблице 6.

<b>Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы</b>	<b>Границы 1/3-октавной полосы</b>	<b>Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы</b>	<b>Границы 1/3-октавной полосы</b>
50	45 – 56	630	562 – 707
63	57 – 70	800	708 – 890
80	71 – 88	1000	891 – 1122
100	89 – 111	1250	1123 – 1414
125	112 – 140	1600	1415 – 1782
160	141 – 176	2000	1783 – 2244
200	177 – 222	2500	2245 – 2828
250	223 – 280	3150	2829 – 3563
315	281 – 353	4000	3564 – 4489
400	354 – 445	5000	4490 – 5657
500	446 - 561		

Ординату точки В —  $R_B$  следует определять в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности  $m_э$ , по формуле:  $R_B = 20 \lg m_э - 12, \text{дБ}$

Эквивалентная поверхностная плотность определяется по формуле:  $m_э = K \cdot m, \text{дБ}$

Где:

$m_э$  - поверхностная плотность, кг/м<sup>2</sup> (для ребристых конструкций принимается без учета ребер);

$K$  - коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов и т.п. по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью.

*Для сплошных ограждающих конструкций плотностью  $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$  и более  $K = 1$ .*

*Для сплошных ограждающих конструкций из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов; кладки из кирпича и пустотелых керамических блоков коэффициент  $K$  определяется по таблице (СП).*

- г) из точки В влево проводится горизонтальный отрезок ВА, а вправо от точки В проводится отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву до точки С с ординатой =65 дБ;
- из точки С вправо проводится горизонтальный отрезок CD.
- Если точка С лежит за пределами нормируемого диапазона частот (Гц), отрезок CD отсутствует.
- Значения звукоизоляции следует округлять до 0,5 дБ.

---

**Пример:** Построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1400 кг/м<sup>3</sup> и толщиной 120 мм.

- Находим частоту, соответствующую точке В, по таблице 5. при  $\gamma = 1400$  кг/м<sup>3</sup> она составит

$$f_v = 33000 / 120 = 275 \sim 250 \text{ Гц.}$$

- Округляем до средней частоты третьоктавной полосы в пределах которой находится  $f_v$ .
- а) Определяем поверхностную плотность перегородки

$$m = 1400 \cdot 0,12 = 168 \text{ кг/м}^2.$$

---

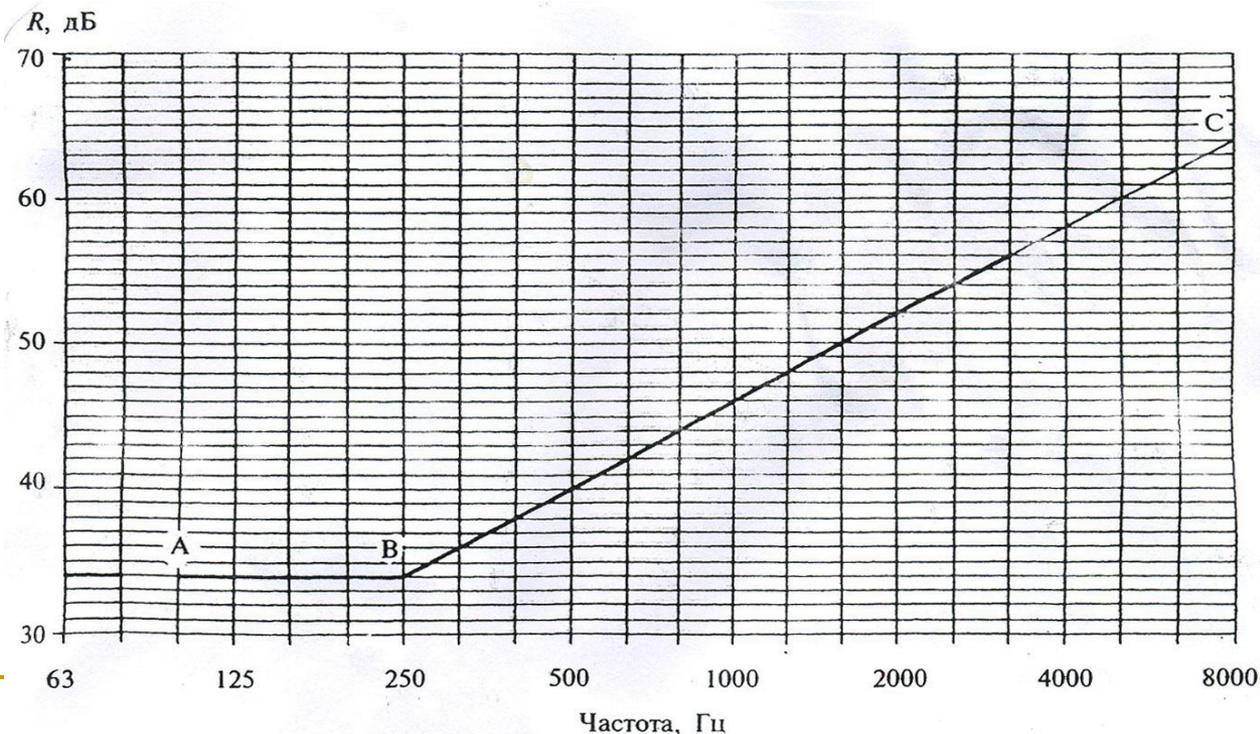
- б) Строим график (рис.2);
- в) По таблице (из СП) находим коэффициент  $K = 1,2$ , таким образом эквивалентная поверхностная плотность перегородки составит

$$m_{\text{э}} = 168 \cdot 1,2 = 201,6 \text{ кг/м}^2.$$

- Звукоизоляция в точке В составляет дБ.

$$R_B = 20 \lg 201,6 - 12 = 34$$

- г) Из т. В влево проводим горизонтальный отрезок ВА, вправо от т. В – отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву, точка С лежит вне нормируемого диапазона частот (рис. 2).



В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума составляет:

Частота, <i>f</i>	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
<i>дБ</i>	34	34	34	34	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56