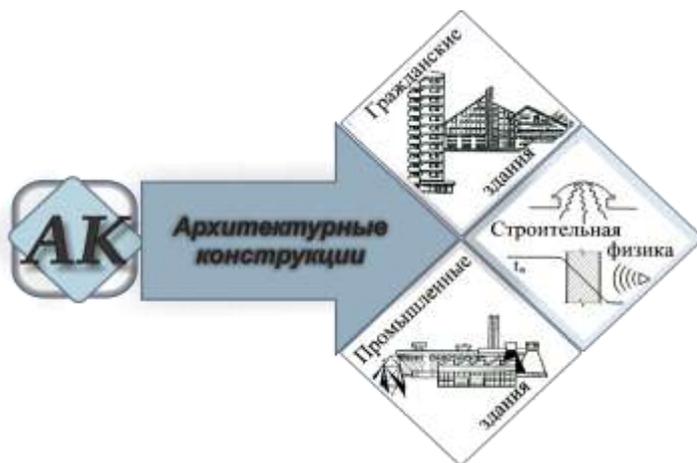


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

## РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Методические указания и задания к выполнению  
расчетно-графического упражнения по дисциплине  
«Строительная физика» для студентов специальностей  
270102 – Промышленное и гражданское строительство,  
270105 – Городское строительство и хозяйство и  
бакалавров по направлению 270800.62 – Строительство



Белгород  
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра архитектурных конструкций

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

## **РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Методические указания и задания к выполнению  
расчетно-графического упражнения по дисциплине  
«Строительная физика» для студентов специальностей  
270102 – Промышленное и гражданское строительство,  
270105 – Городское строительство и хозяйство и  
бакалавров по направлению 270800.62 – Строительство

Белгород  
2011

УДК 628.517.4(075)

ББК 38.93я7

P24

Составители: канд. техн. наук, доц. В.Н. Тарасенко  
доц. Н.Д. Черныш

Рецензент канд. техн. наук, проф. М.М. Косухин

P24 **Расчет** звукоизоляции ограждающих конструкций: методические указания и задания к выполнению расчетно-графического упражнения по дисциплине «Строительная физика» для студентов специальностей 270102 – Промышленное и гражданское строительство, 270105 – Городское строительство и хозяйство и бакалавров по направлению 270800.62 – Строительство / сост.: В.Н. Тарасенко, Н.Д. Черныш. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 42 с.

Методические указания содержат основные теоретические предпосылки, основы расчета звукоизоляции, приемы и методы повышения звукоизоляции ограждающих конструкций, а также примеры выполнения расчета и задания к расчетно-графическому упражнению № 2 по дисциплине «Строительная физика».

Методические указания предназначены для студентов 3-го курса очной формы обучения специальностей 270102 – Промышленное и гражданское строительство, 270105 – Городское строительство и хозяйство и бакалавров по направлению 270800.62 – Строительство

УДК 628.517.4(075)

ББК 38.93я7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема звукоизоляции жилых помещений в силу ряда причин занимает обособленное положение в вопросах обеспечения должной комфортности здания и сооружений. Если анализировать звукоизоляцию в жилищном строительстве, то выясняется, что одинаково недостаточную звукоизоляцию имеют как недорогие типовые проекты, так и жилье повышенной комфортности.

Частично это можно объяснить тем, что в более дорогом жилье используется большее количество бытовой техники, имеющей большую мощность, а так же тем, что нормативная база требований к звукоизоляции жилья различной категории недостаточно развита и т.д. Однако основной причиной недостаточной звукоизоляции жилья любой категории является тот факт, что включение всех необходимых мероприятий по обеспечению качественной звукоизоляции на стадии проектирования строительства повышает общую стоимость строительства и не всегда учитывается. Мероприятия по звукоизоляции должны предусматриваться на этапе проектирования ограждающих конструкций зданий.

Данные методические указания дают возможность ознакомиться с современной нормативной базой, этапами проектирования ограждений и возможностями улучшения звукоизоляции ограждения.

Последовательность расчета, изложенная в данных методических указаниях, позволяет выполнить расчет звукоизоляции ограждения и предусмотреть ряд конструктивных мероприятий по ее улучшению. Следует отметить, что методические указания ориентированы на решение наиболее часто встречающихся задач по проектированию ограждений в соответствии с современными нормами по звукоизоляции, при расчете многослойных ограждений следует пользоваться нормативной литературой, т.к. последовательность расчета различна и зависит от вида конструкции.

### 1 Звук. Теоретические предпосылки

*Звук* – физическое явление, колебательный процесс, порождающий в упругой среде быстро распространяющиеся волны. Имея волновую природу звуковые колебания можно характеризовать следующими показателями: длиной волны, периодом колебаний, амплитудой и частотой. Так, человек способен слышать звуки, различающиеся по амплитуде в десятки миллионов раз.

В зависимости от частоты колебаний звук условно подразделяется на *инфразвук* частотой до 16 Гц, *слышимый звук* частотой от 16 Гц до

20 кГц, *ультразвук* с частотой от 20 кГц до 1 ГГц и на *гиперзвук* с частотой более 1 ГГц.

Взрослый человек воспринимает звук с частотой от 16 Гц до 20 000 Гц (20 кГц), маленькие дети способны воспринимать звуки до 24000 Гц (24 кГц), пожилые люди имеют менее широкий диапазон слышимости.

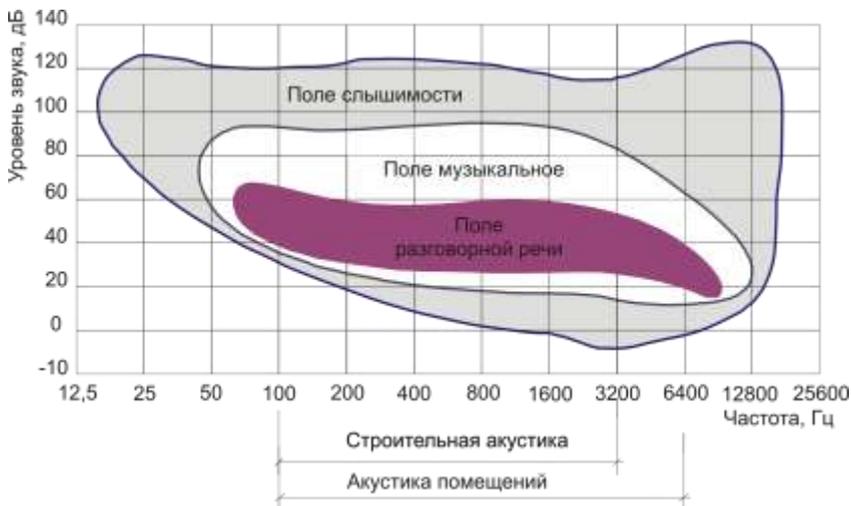


Рисунок 1 – Поле слышимости и поле нормирования шума в строительной акустике

*Шум*, в свою очередь, представляет собой беспорядочное хаотичное смешение звуков разной частоты. В быту под шумом понимают разного рода нежелательные акустические помехи при восприятии речи, музыки, а также любые звуки, мешающие отдыху, работе. Шум играет существенную роль во многих областях науки и техники: акустике, радиотехнике, радиолокации, радиоастрономии, теории информации, вычислительной технике, оптике, медицине и т.п.

Для сравнения следует привести интенсивности шумов: шум леса 10–24 дБ, приготовление пищи на плите 35–42 дБ, перемещение лифта 34–42 дБ, разговор (спокойный) 65 дБ, детский плач 78 дБ, музыкальный центр 85 дБ, интенсивное уличное движение 78–92 дБ. Нормативный уровень шума в жилище составляет 40 дБ днем, 30 дБ ночью.

Человеческий организм по-разному реагирует на шум разного уровня. В диапазоне 35–60 дБ реакция индивидуальная (может мешать или нет). Шумы уровня 70–90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ – к снижению слуха,

вплоть до глухоты. При длительном воздействии нарушается точность координации движений, снижается производительность труда.

Источниками акустически слышимого и неслышимого шумов могут служить любые колебания в твёрдых, жидких и газообразных средах; в технике основные источники шумов – различные двигатели и механизмы.

Количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций, выражаемая в децибелах (дБ), называется *звукоизолирующей способностью*. Различают звукоизоляцию от воздушного и ударного шумов.

*Звукоизоляция от воздушного шума* характеризуется снижением его уровня при прохождении через ограждение и оценивается частотной характеристикой звукоизоляции в диапазоне частот 100–3200 Гц с учётом влияния звукопоглощения изолируемого помещения.

*Звукоизоляция от ударного шума* (шагов, передвижения мебели, работы машин и механизмов) зависит от уровня звука, возникающего под перекрытием, и оценивается частотной характеристикой звукопоглощения. Для обеспечения необходимой звукоизоляции важно качество строительно-монтажных работ; самые незначительные щели, отверстия, трещины в конструкциях резко ухудшают звукоизоляционные свойства последних. При проектировании зданий следует учитывать, что изоляция помещений от внутренних и наружных шумов должна обеспечиваться также правильной планировкой здания, снижением уровня шума от санитарно-технического и инженерного оборудования и рациональными конструкциями ограждений. Наибольший технический и экономический эффект достигается при комплексной защите зданий от шумов.

Наиболее сложен для устранения ударный шум. Он создается от непосредственного контакта предмета с источником шума (например, удары в стену, стук по трубе центрального отопления). Он обычно распространяется на большие расстояния. Избавиться от него можно двумя способами: снизить уровень шума источника (когда это возможно) или установить преграду на пути звука. Звукоизоляция, в основном, определяется массивностью конструкции. При одной и той же силе звуковых волн, повышение массивности конструкции снижает ее вибрацию и уменьшает силу звука, излучаемого ею. Поэтому, увеличивая массу конструкции, можно увеличить звукоизоляцию. Но следует учесть, что при увеличении массы конструкции в 2 раза звукоизоляция увеличивается лишь на 6 дБ.

## 2 Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций

Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий производственных предприятий являются *индексы изоляции воздушного шума* ограждающими конструкциями  $R_w$ , дБ (рассчитывается для стен и перегородок), и *индексы приведенного уровня ударного шума*  $L_{nw}$ , дБ (рассчитывается для стен, перегородок и перекрытий).

Следует отметить, что жилые, общественные и производственные здания по условиям комфортности пребывания условно разделяют на категории:

- категория А - высококомфортные условия;
- категория Б - комфортные условия;
- категория В - предельно допустимые условия.

Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями  $R_w$  и индексов приведенного уровня ударного шума  $L_{nw}$  для жилых, общественных зданий, производственных предприятий приведены в нормативной литературе [1, таблица 6; 2, таблица 1] и частично в таблице 1.

**Таблица 1 – Нормативные индексы звукоизоляции  
с учетом конструкции**

№ п.п.	Наименование и расположение ограждающей конструкции	$R_w$ , дБ	$L_{nw}$ , дБ
1	2	3	4
	<b>Жилые здания</b>		
1	Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений: в домах категории А в домах категории Б в домах категории В	54 52 50	55* 58* 60*
2	Перекрытия между жилыми помещениями общественных	50	60

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
3	Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями: в домах категории А в домах категории Б в домах категории В	54 52 50	- - -
4	Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в одной квартире: в домах категории А в домах категорий Б и В	43 41	- -
5	Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	-
6	Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	-

Необходимо отметить, что для нормирования звукоизоляции от воздушного и структурного шума используют диапазон частот от 100 до 3150 Гц. Частоты нормирования и значения нормативных частотных характеристик приведены в таблице 2 [1, таблица 8].

Таблица 2 – Нормативные частотные характеристики изоляции от воздушного и структурного шума

№ п/п	Наименование показателя	Средние частоты третьоктавных полос, Гц							
		100	125	160	200	250	315	400	500
1	Изоляция от воздушного шума, $R_w$ , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52
2	Приведенный уровень структурного шума, $L_{пш}$ , дБ	62	62	62	62	62	62	61	60

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Наименование показателя	Средние частоты третьоктавных полос, Гц							
		630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Изоляция от воздушного шума, $R_w$ , дБ	53	54	55	56	56	56	56	56
2	Приведенный уровень структурного шума, $L_{пш}$ , дБ	59	58	57	54	51	48	45	42

### 3 Последовательность выполнения расчета изоляции от воздушного или структурного шума

**3.1 В удобном масштабе построить график нормативной частотной характеристики (по оси абсцисс отложить частоты 1/3 октавных полос, Гц; по оси ординат сделать разбивку от 0 до 65 дБ и отложить приведенные значения нормативной частотной характеристики). Пример построения приведен на рисунке 1. Шкала абсцисс – логарифмическая.**

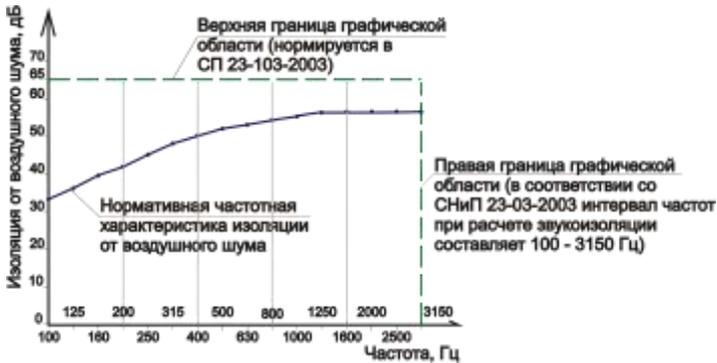


Рисунок 1 – Пример построения нормативной частотной характеристики изоляции воздушного шума

**3.2 В приведенной графической области следует построить ломаную АВСД – расчетную частотную характеристику имеющейся конструкции. В общем виде ломанная будет выглядеть, как показано на рисунке 2.**

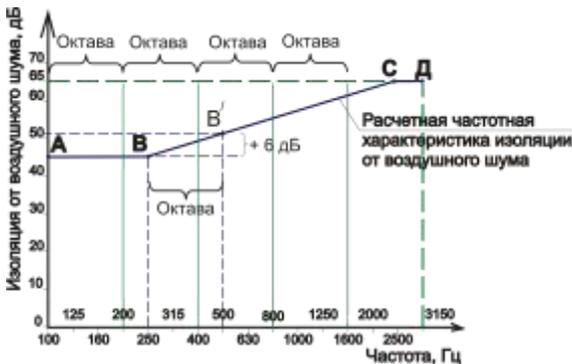


Рисунок 2 – Общий вид расчетной частотной характеристики

Построение ломаной ABCD проводят следующим образом:

*a)* сначала следует **найти координаты точки В**.

$B_x$  рассчитывают исходя из плотности материала, пользуясь таблицей 3 [2, таблица 8].

Таблица 3 – Данные к расчету абсциссы точки В ( $B_x$ , Гц)

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

*Примечание:*  $h$  – толщина ограждения в мм; для промежуточных значений плотности расчет проводят, пользуясь интерполяцией значений.

Значение  $B_x$  следует привести к стандартной величине частоты с учетом интервала, в который попадает расчетное значение, пользуясь при этом таблицей 4.

Таблица 4 – Рекомендуемые значения абсциссы точки В ( $B_x$ , Гц)

Среднегеометрическая частота, Гц	Интервал расчетных значений, Гц
1	2
50	45...56
63	57...70
80	71...88
100	89...111
125	112...140
160	141...176
200	177...222
250	223...280
315	281...353
400	354...445
500	446...561
630	562...707
800	708...890
1000	891...1122

Продолжение таблицы 4

1	2
1250	1123...1414
1600	1415...1782
2000	1783...2244
2500	2245...2828
3150	2829...3563

Координату  $B_y$ , находят по формуле:

$$B_y = 20 \cdot \lg m_s - 12, \text{ (дБ)}, \quad (5)$$

где  $m_s$  – эквивалентная поверхностная плотность,  $\text{кг/м}^2$ ; определяется по формуле:

$$m_s = \gamma \cdot \delta \cdot K, \text{ (кг/м}^2\text{)}, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – плотность материала,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\delta$  – толщина ограждения, м;

$K$  – 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 принимают  $K = 1$ .

При использовании в возведении сплошных ограждающих конструкций других материалов  $K$  подбирают из таблицы 5 [2, таблица 10].

**Таблица 5 – Рекомендуемые значения коэффициента  $K$  в зависимости от вида и плотности материала**

Вид материала	Класс	Плотность, $\gamma$ , $\text{кг/м}^3$	Коэффициент $K$
1	2	3	4
Керамзитобетон	В 12,5– В15	1700–1750	1,1
		1500–1650	1,2
		1350–1450	1,3
		1250	1,4
Газобетон, пенобетон, газосиликат	В 5,0	1000	1,5
		800	1,6
		600	1,7

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Кладка из кирпича, пустотелых керамических блоков		1500–1600	1,1
		1200–1400	1,2
Гипсобетон, гипс (в том числе поризованный или с легкими заполнителями)	В 7,5	1200	1,4
		1000	1,5
		800	1,6

Расчет проводят с точностью до 0,1 децибела;

**б) нанести точку В в графической области;**

**в) влево провести линию параллельно оси абсцисс** до пересечения с осью ординат. Точка пересечения и есть **точка А**;

**г) вправо от точки В** отступить одну октаву (три единичных отрезка), от вспомогательной точки подняться вверх на 6 дБ – получим **точку В'**. Провести из точки **В** через точку **В'** луч. Точка пересечения луча с верхней границей графической области (65 дБ) – точка **С**;

**д) точка пересечения** верхней (65 дБ) и правой (3150 Гц) границ графической области – **точка Д**;

**е) соединить точки ломанной линией.** Ломанная **АВСД** – расчетная частотная характеристика изоляции конструкции от воздушного шума.

### 3.3 Сравнить значения нормативной (приведенной) частотной характеристики и расчетной частотной характеристики конструкции (ломанной АВСД).

Следует отметить, что возможны различные варианты расположения нормативной и расчетной частотных характеристик в графической области, как показано на рисунке 3. Во многом это зависит от физико-механических характеристик исследуемой конструкции.

Неблагоприятными при расчете изоляции от воздушного шума принято считать отклонения вниз от оценочной кривой (эти области на рисунке 3 заштрихованы).

Для удобства выполнения оценочных расчетов данные обычно заносят в таблицу (см. таблицу 6).

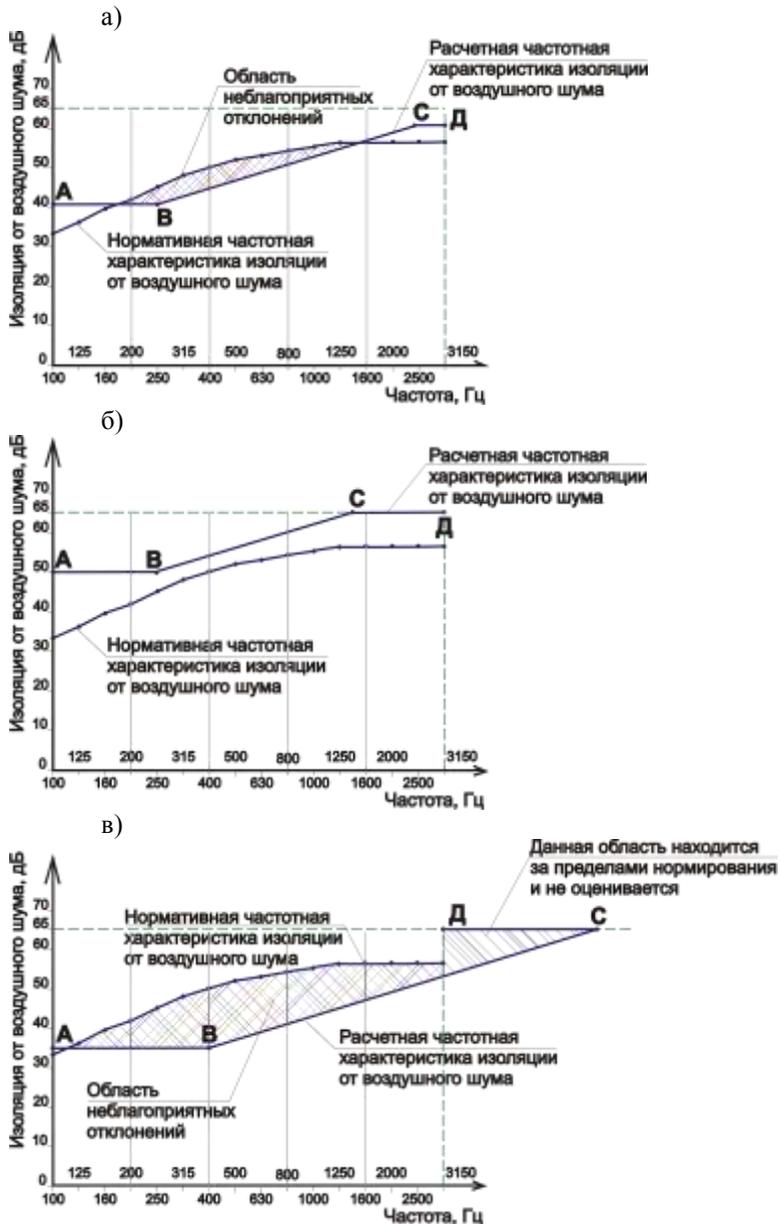


Рисунок 3 – Варианты расположения нормативной и расчетной частотных характеристик в графической области

Таблица 6 – Ведомость расчетных характеристик

Частота 1/3 октав- ных полос, Гц	Расчетная частотная характери- стика (ломанная АВСД), дБ	Первое приближение		Второе приближение		Третье приближение	
		Нормативная (приведен- ная) частот- ная характе- ристика, дБ	Δ , д Б	Нормативная (приведен- ная) частот- ная характе- ристика, дБ	Δ , д Б	Нормативная (приведен- ная) частот- ная характе- ристика, дБ	Δ , д Б
100							
125							
160							
200							
250							
315							
400							
500							
630							
800							
1000							
1250							
1600							
2000							
2500							
3150							

*Примечание:* Δ – отклонения расчетной частотной характеристики от нормативной (приведенной) частотной характеристики изоляции от воздушного шума (разность ординат ломанной АВСД и нормативной частотной характеристики, записывается с сохранением знаков «+» или «-»).

Для определения индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой (отрицательные).

**Если сумма неблагоприятных отклонений** максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину (см. рисунок 3а), величина индекса  $R_w$  составляет 52 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ (см. рисунок 3в), 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 (см. рисунок 3б) или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы

сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

**За величину индекса  $R_w$  принимается ордината** смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой со среднегеометрической **частотой 500 Гц**.

**Для определения индекса изоляции ударного шума  $L_{nw}$  необходимо** определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вверх от оценочной кривой (положительные).

**Если сумма неблагоприятных отклонений** максимально **приближается к 32 дБ**, но не превышает эту величину, то 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 децибелов) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

**За величину индекса  $L_{nw}$  принимают ординату** смещенной вверх или вниз **оценочной кривой со среднегеометрической частотой 500 Гц**.

#### **3.4 Сравнить значение нормативной изоляции воздушного шума с расчетным значением.**

Должно выполняться следующее неравенство:

$$R_w^{\text{расчетное}} \geq R_w^N, \quad (7)$$

где  $R_w^{\text{расчетное}}$  – изоляция от воздушного шума расчетной конструкции,  $R_w^N$  – нормативная изоляция воздушного шума, [1, таблица 1; 2, таблица 1].

Оценив неравенство, следует сделать вывод о пригодности конструкции к использованию и необходимых мерах по улучшению звукоизоляции ограждающей конструкции.

#### **4 Рекомендации по проектированию ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию**

Элементы ограждений рекомендуется проектировать из материалов с плотной структурой, не имеющей сквозных пор. Ограждения, выполненные из материалов со сквозной пористостью, должны иметь наружные слои из плотного материала, бетона или раствора.

Внутренние стены и перегородки из кирпича, керамических и шлакобетонных блоков рекомендуется проектировать с заполнением швов на всю толщину (без пустошовки) и оштукатуренными с двух сторон безусадочным раствором.

Ограждающие конструкции необходимо проектировать так, чтобы в процессе строительства и эксплуатации в их стыках не было сквозных щелей и трещин. Возникающие в процессе строительства щели и трещины после их расчистки должны устраняться конструктивными мерами и заделкой невысыхающими герметиками и другими материалами на всю глубину.

##### **4.1 Звукоизоляция стен и перегородок**

Внутренние стены и перегородки зданий должны обладать нормативной звукоизолирующей способностью от воздушного шума; междуэтажные перекрытия – от воздушного и ударного шумов.

Для повышения звукоизолирующей способности межквартирных стен, а также снижения их массы вместо однородных конструкций, состоящих из одного материала или из нескольких слоев разнородных материалов, жестко связанных между собой (например, оштукатуренная кирпичная стена и т.п.), применяются отдельные конструкции со сплошной воздушной прослойкой или слоистые конструкции, выполненные из отдельных слоев материалов, резко отличающихся по своим физическим свойствам.

Многослойная конструкция состоит из листов разных материалов, между которыми находится воздушная полость. В такой структуре вибрации затухают быстрее, чем в однородном материале. Звукоизоляционные свойства «слоеной» перегородки сравнительно небольшой плотности сопоставимы со свойствами монолитной стены. Так, перегородка толщиной 150 мм с 40-миллиметровым слоем заполнителя из минеральной ваты и воздушной полостью в 100 мм, обшитая снаружи двойными гипсокартонными листами толщиной 12,5 мм каждый, обеспечит звукоизоляцию 52 дБ. Этого вполне достаточно для защиты от шума, создаваемого распространенными в быту источниками. В качестве заполнителя чаще всего используют плиты из стекловолокна фирм ISOVER, из

минеральной ваты ROCKWOOL и PAROC, а также акустические материалы со слоистой или ячеистой структурой других фирм. Сами по себе эти изделия не спасают помещение от проникновения шума, но, включенные в состав перегородки, способны улучшить ее звукоизолирующую способность.

**Таблица 7 – Индексы изоляции воздушного шума  $R_w$  звукоизолирующих перегородок**

№ п/п	Наименование конструкции	Толщина, мм	Индекс изоляции воздушного шума $R_w$ , дБ
1	Перегородка на одинарном каркасе 100 мм	150	55
2	Перегородка на двойном (независимом) каркасе 2×50 мм	160	62
3	Перегородка на двойном (независимом) каркасе 2×50 мм на отдельных основаниях звукоизолирующих полов	160	65
4	Перегородка на двойном (независимом) каркасе 2×100 мм на отдельных основаниях звукоизолирующих полов	260	70

Двойные стены или перегородки обычно проектируют с жесткой связью между элементами по контуру или в отдельных точках. Величина промежутка между элементами конструкций должна быть не менее 40 мм.

В конструкциях каркасно-обшивных перегородок следует предусматривать точечное крепление листов к каркасу с шагом не менее 300 мм. Если применяют два слоя листов обшивки с одной стороны каркаса, то они не должны склеиваться между собой. Шаг стоек каркаса и расстояние между его горизонтальными элементами рекомендуется принимать не менее 600 мм. Рекомендованное выше заполнение промежутка мягкими звукопоглощающими материалами особенно эффективно для улучшения звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок. Кроме того, для повышения их звукоизоляции рекомендуются самостоятельные каркасы для каждой из обшивок, а в необходимых случаях возможно применение двух- или трехслойной обшивки с каждой стороны перегородки (см. рисунок 4).

Для увеличения изоляции воздушного шума стеной или перегородкой, выполненной из железобетона, бетона, кирпича и т.п., в ряде случаев целесообразно использовать дополнительную обшивку на отnose.

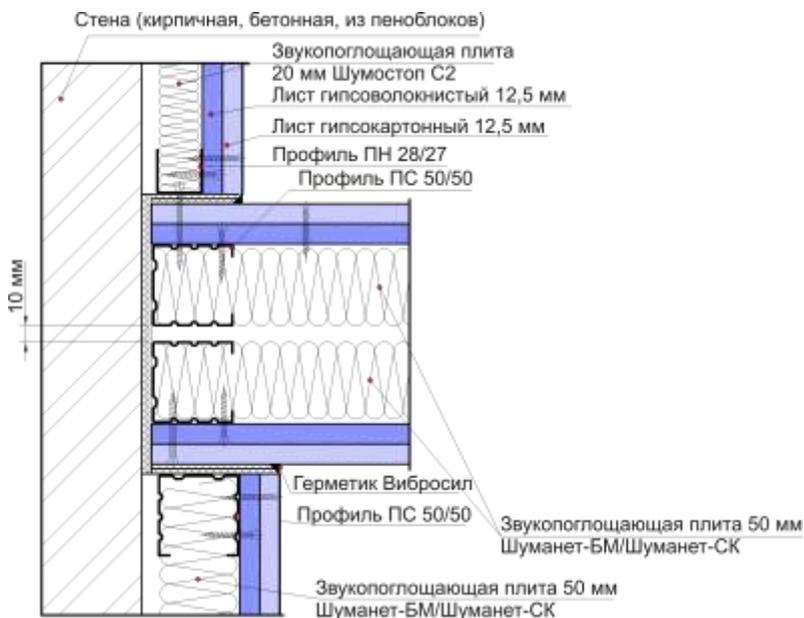


Рисунок 4 – Примыкание перегородки к облицовке стен на двойном независимом каркасе 2×50 мм

В качестве материала обшивки могут использоваться: гипсокартонные листы, твердые древесноволокнистые плиты и подобные листовые материалы, прикрепленные к стене по деревянным рейкам, по линейным или точечным маякам из гипсового раствора. Воздушный промежуток между стеной и обшивкой целесообразно выполнять толщиной 40–50 мм и заполнять мягким звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолокнистыми плитами, матами и т.п.).

## 4.2 Звукоизоляция пола и потолка

Для повышения звукоизоляционных качеств перекрытий или для уменьшения их массы без ухудшения звукоизоляции целесообразно устраивать перекрытия раздельного типа со сплошной воздушной прослойкой или перекрытия с подвесными потолками.

Деревянный пол или плавающее бетонное основание пола (стяжка) должны быть отделены по контуру от стен и других конструкций здания зазорами шириной 1–2 см, заполняемыми звукоизоляционным материалом или изделием, например, мягкой древесноволокнистой плитой, по-

гонажными изделиями из пористого полиэтилена и т.п. Плинтусы или галтели следует крепить только к полу или только к стене. Примыкание конструкции пола на звукоизоляционном слое к стене или перегородке показано на рисунке 5.

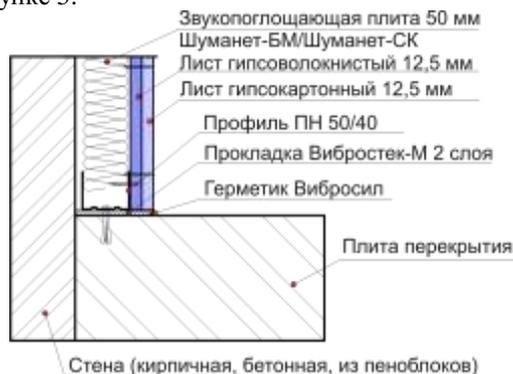


Рисунок 5 – Примыкание облицовки стены на независимом каркасе 75 мм к перекрытию

При проектировании пола с основанием в виде монолитной плавающей стяжки следует располагать по звукоизоляционному слою сплошной гидроизоляционный слой (например, пергамин, гидроизол, рубероид и т. п.) с перехлестыванием в стыках не менее 20 см. В стыках звукоизоляционных плит (матов) не должно быть щелей и зазоров.

В конструкциях перекрытий, не имеющих запаса звукоизоляции, не рекомендуется применение покрытий полов из линолеума на волокнистой подоснове, снижающих изоляцию воздушного шума на 1 дБ по индексу  $R_w$ . Допускается применение линолеума со вспененными слоями, которые не влияют на изоляцию воздушного шума и могут обеспечивать необходимую изоляцию ударного шума при соответствующих параметрах вспененных слоев.

Междуэтажные перекрытия с повышенными требованиями к изоляции воздушного шума ( $R_w = 57-62$  дБ), разделяющие жилые и встроенные шумные помещения, следует проектировать, как правило, с использованием плит из монолитного железобетона достаточной толщины (например, каркасно-монолитная или монолитная конструкция первого этажа). Достаточность звукоизоляции такой конструкции определяют расчетом (см. рисунок 6).

Другим возможным конструктивным вариантом при размещении шумных помещений в первых нежилых этажах является устройство промежуточного (технического) 2-го этажа. При этом также необходимо выполнить расчеты, подтверждающие достаточную звукоизоляцию жи-

лых помещений. Во всех случаях размещения в первых нежилых этажах помещений с источниками шума рекомендуется устройство в них подвесных потолков, значительно увеличивающих звукоизоляцию перекрытий.



Рисунок 6 – Примыкание облицовки стены на независимом каркасе 75 мм к панелям ЗИПС на потолочном перекрытии и подвесному звукоизолирующему потолку

Для повышения звукоизоляции от ударного шума сплошных однородных перекрытий применяют полы на упругом основании или на отдельных прокладках из упругих материалов (см. рисунок 7). Рекомендуется также настлать мягкие рулонные полы (например, на тепло- и звукоизоляционной основе). В качестве упругих прокладок под полы используют маты из минеральной или стеклянной ваты, древесноволокнистые плиты и т.п.

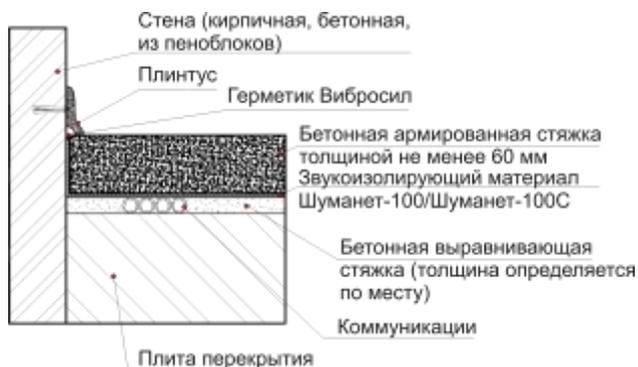


Рисунок 7 – Схема примыкания плавающего пола с применением звукоизолирующего материала Шуманет-100 к стене и коммуникациями под стяжкой

В среднем «плавающий» пол способен уменьшить шум на 8–33 дБ для наиболее распространенных в быту звуков с частотами от 150 до 300 Гц. В многоэтажных зданиях для борьбы с ударным шумом применяют прокладочный материал. С его помощью защищают стыки несущих элементов. В этом случае наиболее эффективно рулонное кремнеземное волокно Supersil толщиной 6 мм, оно позволяет снизить шум на 27 дБ.

### 4.3 Звукоизоляция окон и дверей

Звукоизоляция стен, имеющих окна или двери, практически определяется звукоизоляцией проёмов, обычно более низкой, чем звукоизоляция глухой части ограждения.

Проблема звукоизоляции в этом случае имеет два решения. Первое – замена обычных окон с обычными стеклами на окна со стеклопакетами. Второе – ремонт стандартных деревянных окон со спаренными или отдельными переплетами. Ремонт включает установку более толстых стекол различной толщины, что защитит конструкцию от резонанса, установку стекол на герметик (например, на силикон), прокладку звукопоглотителя по периметру коробки между стеклами, а также устройство двойного контура уплотнения в притворе. Комплекс этих кропотливых работ приводит к увеличению звукоизоляции примерно на 10 дБ.

Входные двери квартир следует проектировать с порогом и уплотнительными прокладками в притворах.

#### 4.4 Герметизация помещения и звукоизоляция инженерного оборудования

Щели под дверью, зазоры и отверстия в стенах и перегородках, температурные и усадочные швы строительных конструкций всегда ухудшают звукоизоляцию помещения.

Следует обратить особое внимание на звукоизоляцию встраиваемого в стены и потолок дополнительного оборудования. Например, имеет смысл соорудить преграду на пути шума, распространяющегося по кобам и воздуховодам вентиляционных систем.

*Вывод:* для обеспечения необходимой звукоизоляции весьма важно качество строительного-монтажных работ; даже самые незначительные щели, отверстия, трещины в конструкциях резко ухудшают звукоизоляционные свойства последних. При проектировании зданий следует учитывать, что изоляция помещений от внутренних и наружных шумов должна обеспечиваться также правильной планировкой здания, снижением уровня шума от санитарно-технического и инженерного оборудования и рациональными конструкциями ограждений. Наибольший технический и экономический эффект достигается при комплексной защите зданий от шумов.

### 5 Звукоизолирующие материалы

Звукопоглощающая способность материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор, максимальный диаметр которых обычно не превышает 2 мм (общая пористость при этом должна составлять не менее 75 % по объёму). Большая удельная поверхность материалов, создаваемая стенками открытых пор, способствует активному преобразованию энергии звуковых колебаний в тепловую энергию вследствие потерь на трение. Эффективность звукопоглощающих материалов оценивается коэффициентом звукопоглощения  $\alpha$ , равным отношению количества поглощённой энергии к общему количеству падающей на материал энергии звуковых волн.

Звукопоглощающие материалы имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение и могут обладать различной степенью жёсткости (мягкие, полужёсткие, твёрдые). Мягкие звукопоглощающие материалы изготавливают на основе минеральной ваты или стекловолокна с минимальным расходом синтетического связующего (до 3 % по массе) или без него. К ним относят маты или рулоны с объёмной массой до 70 кг/м<sup>3</sup>, которые обычно применяют в сочетании с перфорированным листовым

экраном (из алюминия, асбестоцемента, жёсткого поливинилхлорида) или с покрытием пористой плёнки. Коэффициент звукопоглощения этих материалов на средних частотах (250–1000 Гц) от 0,7 до 0,85.

К полужёстким материалам относят минераловатные или стекловолоконные плиты с содержанием синтетического связующего от 10 до 15 % по массе, а также древесноволокнистые плиты с объёмной массой 180–300 кг/м<sup>3</sup>. Поверхность плит покрывается пористой краской или плёнкой. Коэффициент звукопоглощения полужёстких материалов на средних частотах составляет 0,65–0,75. В эту же группу входят звукопоглощающие плиты из пористых пластмасс, имеющие ячеистое строение (пенополиуретан, полистирольный пенопласт и др.).

Твёрдые материалы волокнистого строения изготавливаются в виде плит на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты и коллоидного связующего (крахмальный клейстер, раствор карбоксиметилцеллюлозы). Поверхность плит окрашена и имеет различную фактуру (трещиноватую, рифлёную, бороздчатую). Объёмная масса 300–400 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент звукопоглощения на средних частотах 0,6–0,7. Разновидность твёрдых материалов – плиты и штукатурные растворы, в состав которых входят пористые заполнители (вспученный перлит, вермикулит, пемза) и белые или цветные портландцементы. Применяют также звукопоглощающие плиты, в которых древесная шерсть связана цементным раствором (акустический фибролит). Выбор материала зависит от акустического режима, назначения и архитектурных особенностей помещения.

Звукоизоляционные прокладочные материалы применяются в виде рулонов или плит в конструкциях междуэтажных перекрытий, во внутренних стенах и перегородках, а также как виброизоляционные прокладки под машины и оборудование. Упругие свойства скелета материала и наличие воздуха, заключённого в его порах, обуславливают гашение энергии удара и вибрации, что способствует снижению структурного и ударного шума.

Различают звукоизоляционные прокладочные материалы, изготавливаемые из волокон органического или минерального происхождения (древесноволокнистые плиты, минераловатные и стекловолоконные рулоны и плиты толщиной от 10 до 40 мм, объёмной массой 30–120 кг/м<sup>3</sup>), а также из эластичных газонаполненных пластмасс (пенополиуретан, пенополивинилхлорид, латексы синтетических каучуков), выпускаемых в виде плит толщиной от 5 до 30 мм; объёмной массой эластичного пенополиуретана 40–70 кг/м<sup>3</sup>, пенополивинилхлорида 70–270 кг/м<sup>3</sup>. В ряде случаев для целей звукоизоляции применяются штучные прокладки из литой или губчатой резины.

## 6 Снижение шума в помещениях методом звукопоглощения

В некоторых случаях для снижения шума, а также в качестве мер по повышению звукоизоляции квартиры, гораздо целесообразнее применять звукопоглощающие материалы и конструкции. Данные материалы могут быть использованы на отдельных поверхностях помещения (потолок, стена) и эффективность их применения пропорциональна занимаемым ими площадям. Кроме того, звукопоглощающие материалы и конструкции широко применяются для улучшения акустических характеристик помещений для записи или воспроизведения звука (домашние и профессиональные студии, домашние кинотеатры и концертные залы и т.п.)

На данный момент самыми эффективными материалами, имеющими высокие значения коэффициентов звукопоглощения в широкой полосе частот (от 125 Гц до 8000 Гц), являются изделия из супертонкого стекловолокна. Однако их применение допускается при наличии специальных покрытий, обеспечивающих высокую степень защиты от нежелательной эмиссии частиц стекловолокна. При этом для выполнения своих акустических функций покрытие должно быть пористым, т.е. негерметичным. Безукоризненно совместить подобные требования удастся немногим фирмам-производителям. Одна из самых авторитетных в данном вопросе компаний - шведская фирма «Ecorphon». Применение акустических подвесных потолков, стеновых панелей, а также объемных подвесных конструкций типа «Ecorphon» (например, Rockfon) с разнообразными характеристиками звукопоглощения (для различных случаев) позволяет успешно решать задачи снижения шумов и улучшения акустики помещений в сочетании с реализацией любых архитектурных замыслов при удовлетворении всем санитарно-экологическим требованиям отечественных и зарубежных стандартов.

Среди недостатков данного метода снижения шума можно отметить конечную эффективность применения звукопоглощающих материалов. Максимально возможное снижение шума не превышает 10 дБ, однако, удобство фрагментарного применения звукопоглощающих материалов делает данный метод весьма привлекательным в реальных условиях.

Необходимо отметить, что практическое решение задач снижения шума и создания необходимых акустических характеристик помещения включает в себя комбинацию вышеперечисленных методов и материалов, решение о применении которых принимается после детального анализа акустической обстановки в каждой конкретной ситуации.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Примеры выполнения расчета звукоизоляции ограждающих конструкций

**Пример 1.** Выполнить расчет изоляции от воздушного шума перегородки из силикатного кирпича толщиной 120 мм. Плотность кладки составляет  $1800 \text{ кг/м}^3$ . Перегородка разделяет жилую комнату и кухню в квартире жилого здания категории В.

1. В удобном масштабе построить график нормативной частотной характеристики (по оси абсцисс отложить частоты  $1/3$  октавных полос, Гц; по оси ординат сделать разбивку от 0 до 65 дБ и отложить приведенные значения нормативной частотной характеристики изоляции воздушного шума пользуясь таблицей 2).

Пример построения приведен на рисунке А.1.

2. В приведенной графической области построить ломанную АВСД – расчетную частотную характеристику изоляции воздушного шума.

а) сначала следует найти координаты точки В.

$B_x$  рассчитывают исходя из плотности материала, пользуясь таблицей 3 [2, таблица 8]. Указанная плотность материала составляет  $1800 \text{ кг/м}^3$ ; таким образом:

$$B_x = 29000 / 120 = 241,7 \text{ (Гц)}.$$

Значение  $B_x$  после проведенного расчета следует привести к стандартной величине частоты с учетом интервала, в который попадает расчетное значение, пользуясь при этом таблицей 4.

$$B_x = 250 \text{ (Гц)}.$$

Координату  $B_y$  находят по формуле (5), при этом эквивалентную поверхностную плотность  $m_s$ ,  $\text{кг/м}^2$ , рассчитывают по формуле (6):

$$m_s = \gamma \cdot \delta \cdot K = 1800 \cdot 0,12 \cdot 1 = 216 \text{ (кг/м}^2\text{)},$$

$$B_y = 20 \cdot \lg m_s - 12 = 20 \cdot \lg 216 - 12 = 34,7 \text{ (дБ)}.$$

Расчет проводят с точностью до 0,1 децибела.

б) нанести точку В в графической области (см. рисунок А.1).

в) влево провести линию параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат. Точка пересечения и есть точка А с координатами (100; 34,7).

г) вправо от точки В отступить одну октаву (три единичных отрезка), от вспомогательной точки подняться вверх на 6 дБ – получим точку В'. Ее координаты (500; 40,7). Провести из точки В через точку В' луч. Точка пересечения луча с верхней границей графической области (65 дБ) – точка С.

д) точка пересечения верхней (65 дБ) и правой (3150 Гц) границ графической области – точка Д.

е) соединить точки ломаной линией. Ломанная АВСД – расчетная частотная характеристика изоляции конструкции от воздушного шума.

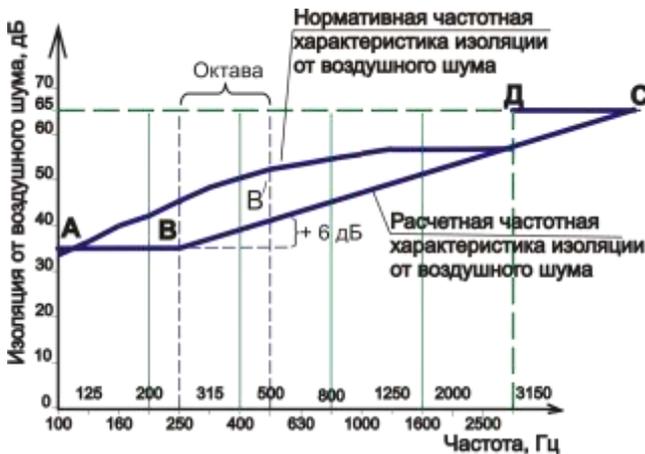


Рисунок А.1 – Схема к расчету звукоизоляции перегородки

3. Сравнить значения нормативной (приведенной) частотной характеристики и расчетной частотной характеристики конструкции (ломанной АВСД).

Для удобства выполнения оценочных расчетов данные необходимо занести в таблицу (см. таблицу А.1).

Таблица А.1 – Ведомость расчетных характеристик

Частота $\frac{1}{3}$ октавных полос, Гц	Расчетная частотная характеристика (ломанная АВСД), дБ	Первое приближение		Второе приближение (минус 6 дБ)		Третье приближение (еще минус 1 дБ относительно предыдущего приближения)	
		Нормативная (приведенная) частотная характеристика, дБ	$\Delta$ , дБ	Нормативная (приведенная) частотная характеристика, дБ	$\Delta$ , дБ	Нормативная (приведенная) частотная характеристика, дБ	$\Delta$ , дБ
100	34,7	33	+1,7	27	+7,7	26	+8,7
125	34,7	36	-1,3	30	+4,7	29	+5,7
160	34,7	39	-4,3	33	+1,7	32	+2,7
200	34,7	42	-7,3	36	-1,3	35	-0,3
250	34,7	45	-10,3	39	-4,3	38	-3,3
315	36,7	48	-11,3	42	-5,3	41	-4,3
400	38,7	51	-12,3	45	-6,3	44	-5,3
500	40,7	52	-11,3	46	-5,3	45	-4,3
630	42,7	53	-10,3	47	-4,3	46	-3,3
800	44,7	54	-9,3	48	-3,3	47	-2,3
1000	46,7	55	-8,3	49	-2,3	48	-1,3
1250	48,7	56	-7,3	50	-1,3	49	-0,3
1600	50,7	56	-5,3	50	+0,7	49	+1,7
2000	52,7	56	-3,3	50	+2,7	49	+3,7
2500	54,7	56	-1,3	50	+4,7	49	+5,7
3150	56,7	56	+0,7	50	+6,7	49	+7,7
		$\sum  \Delta $	103,2		33,7		24,7

Для определения индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой (*отрицательные*).

В первом приближении сумма неблагоприятных отклонений составила  $\sum |\Delta| = 103,2$  дБ, что значительно больше 32 дБ. Таким образом, в последующих приближениях необходимо смещать оценочную кривую вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала 32 дБ.

Во втором приближении оценочная кривая смещается вниз на 6 дБ, при этом  $\sum |\Delta| = 33,7$  дБ; необходимо еще одно приближение, т.к.  $\sum |\Delta|$  не должна превышать 32 дБ.

В третьем приближении оценочная кривая смещается вниз еще на 1 дБ относительно предыдущего расчета (всего на 7 дБ), тогда  $\sum |\Delta| = 24,7$  дБ, что максимально близко к 32 дБ, но не превышает эту величину.

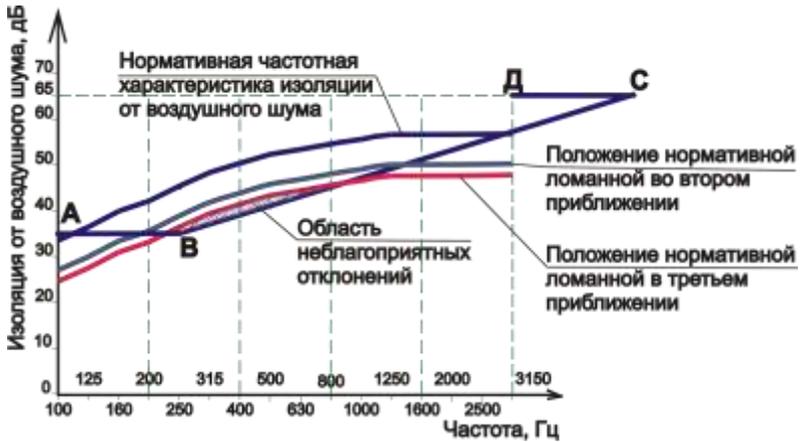


Рисунок А.2 – Выполнение приближений в расчете звукоизоляции

За величину индекса  $R_w$  принимается ордината смещенной вниз оценочной кривой со среднегеометрической частотой 500 Гц. В данном случае  $R_w = 45$  дБ.

4. Сравнить значение нормативной изоляции воздушного шума с расчетным значением.

Должно выполняться неравенство (7):

$$R_w^{\text{расчетное}} \geq R_w^N.$$

Нормативная изоляция воздушного шума [1, табл. 1; 2, табл. 1]  $R_w^N = 41$  дБ;  $R_w^{\text{расчетное}} = 45$  дБ.

Неравенство выполняется, т.к.  $45 \text{ дБ} > 41 \text{ дБ}$ .

Таким образом, расчет подтвердил, что конструкция (перегородка из силикатного кирпича толщиной 120 мм между комнатой и кухней квартиры) удовлетворяет требованиям нормативной литературы [1] по изоляции от воздушного шума.

**Пример 2.** Выполнить расчет изоляции от структурного шума перекрытием из железобетона толщиной 200 мм. Перекрытие расположено между помещениями квартир и размещенным под ними магазином в жилом здании категории А.

1. В удобном масштабе построить график нормативной частотной характеристики (по оси абсцисс отложить частоты 1/3 октавных полос, Гц; по оси ординат сделать разбивку от 0 до 65 дБ и отложить приведенные значения нормативной частотной характеристики изоляции структурного шума пользуясь таблицей 2).

Пример построения приведен на рисунке А.3.

2. В приведенной графической области построить ломанную АВСД – расчетную частотную характеристику изоляции структурного шума.

а) сначала следует найти координаты точки В.

$B_x$  рассчитывают исходя из плотности материала, пользуясь таблицей 3 [2, табл. 8]. Плотность железобетона составляет  $2500 \text{ кг/м}^3$ ; таким образом:

$$B_x = 29000 / 200 = 145 \text{ (Гц)}.$$

Значение  $B_x$  после проведенного расчета следует привести к стандартной величине частоты с учетом интервала, в который попадает расчетное значение, пользуясь при этом таблицей 4.

$$B_x = 160 \text{ (Гц)}.$$

Координату  $B_y$  находят по формуле (5), при этом эквивалентную поверхностную плотность  $m_s$ ,  $\text{кг/м}^2$ , рассчитывают по формуле (6):

$$m_s = \gamma \cdot \delta \cdot K = 2500 \cdot 0,2 \cdot 1 = 500 \text{ (кг/м}^2\text{)},$$

$$B_y = 20 \cdot \lg m_s - 12 = 20 \cdot \lg 500 - 12 = 41,9 \text{ (дБ)}.$$

Расчет проводят с точностью до 0,1 децибела.

б) нанести точку В с координатами (160; 41,9) в графической области (см. рисунок А.3).

в) влево провести линию параллельно оси абсцисс до пересечения с осью ординат. Точка пересечения и есть точка А с координатами (100; 41,9).

г) вправо от точки В отступить одну октаву (три единичных отрезка), от вспомогательной точки подняться вверх на 6 дБ – получим точку В'. Ее координаты (315; 47,9). Провести из точки В через точку В' луч. Точка пересечения луча с верхней границей графической области (65 дБ) – точка С.

д) точка пересечения верхней (65 дБ) и правой (3150 Гц) границ графической области – точка Д.

е) соединить точки ломаной линией. Ломанная ABCД – расчетная частотная характеристика изоляции конструкции от структурного шума.

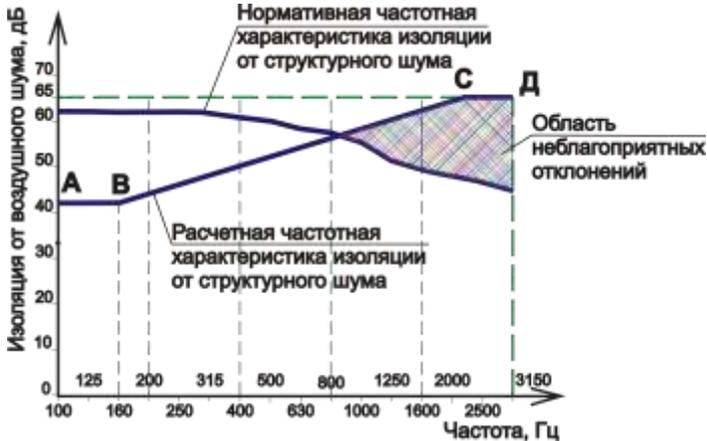


Рисунок А.3 – Схема к расчету звукоизоляции перекрытия

3. Сравнить значения нормативной (приведенной) частотной характеристики и расчетной частотной характеристики конструкции (ломаной ABCД).

Для удобства выполнения оценочных расчетов данные необходимо занести в таблицу (см. таблицу А.2).

Для определения индекса изоляции структурного шума  $L_{nw}$  необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вверх от оценочной кривой (*положительные*).

В первом приближении сумма неблагоприятных отклонений составила  $\sum \Delta = +76,6$  дБ, что значительно больше 32 дБ. Таким образом, в последующих приближениях необходимо смещать оценочную кривую вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала 32 дБ.

Во втором приближении оценочная кривая смещается вверх на 9 дБ, при этом  $\sum \Delta = +33,8$  дБ; необходимо еще одно приближение, т.к.  $\sum \Delta$  не должна превышать 32 дБ.

Таблица А.2 – Ведомость расчетных характеристик

Частота октавных полос, Гц	Расчетная частотная характеристика, дБ	Первое приближение		Второе приближение		Третье приближение	
		Приведенный уровень ударного шума, дБ	$\Delta$ , дБ	Приведенный уровень ударного шума, дБ	$\Delta$ , дБ	Приведенный уровень ударного шума, дБ	$\Delta$ , дБ
100	41,9	62	-20,1	71	-29,1	72	-30,1
125	41,9	62	-20,1	71	-29,1	72	-30,1
160	41,9	62	-20,1	71	-29,1	72	-30,1
200	43,9	62	-18,1	71	-27,1	72	-28,1
250	45,9	62	-16,1	71	-25,1	72	-26,1
315	47,9	62	-14,1	71	-23,1	72	-24,1
400	49,9	61	-11,1	70	-20,1	71	-21,1
500	51,9	60	-8,1	69	-17,1	70	-18,1
630	53,9	59	-5,1	68	-14,1	69	-15,1
800	55,9	58	-2,1	67	-11,1	68	-12,1
1000	57,9	57	+0,9	66	-8,1	67	-9,1
1250	59,9	54	+5,9	63	-3,1	64	-4,1
1600	61,9	51	+10,9	60	+1,9	61	+0,9
2000	63,9	48	+15,9	57	+6,9	58	+5,9
2500	65	45	+20,0	54	+11,0	55	+10,0
3150	65	42	+23,0	51	+14,0	52	+13,0
		$\Sigma\Delta$	+76,6		+33,8		+29,8

В третьем приближении оценочная кривая смещается вверх еще на 1 дБ относительно предыдущего расчета (всего на 10 дБ), тогда  $\Sigma\Delta = 29,8$  дБ, что максимально близко к 32 дБ, но не превышает эту величину.

За величину индекса звукоизоляции структурного шума  $L_{nw}$  принимается ордината смещенной вверх оценочной кривой со среднегеометрической частотой 500 Гц. В данном случае  $L_{nw} = 70$  дБ.

4. Сравнить значение нормативного уровня структурного шума с расчетным значением.

Должно выполняться неравенство (7):

$$L_{nw}^{\text{расчетное}} \geq L_{nw}^N.$$

Нормативная изоляция структурного шума для данной конструкции составляет [1, табл. 1; 2, табл. 1]  $L_{nw}^N = 58$  дБ;  $L_{nw}^{\text{расчетное}} = 70$  дБ.

Неравенство выполняется, т.к. 70 дБ > 58 дБ.

Таким образом, расчет подтвердил, что конструкция (перекрытие из железобетона толщиной 200 мм между жилыми помещениями квартиры и расположенным ниже магазином) удовлетворяет требованиям нормативной литературы [1] по изоляции от структурного шума.

**Пример 3. Выполнить расчет изоляции от воздушного шума для однокамерного стеклопакета общестроительного назначения с формулой СПО 4М1 – 16 – 4М1.**

Решение данной задачи может по аналогии применяться для глухих витражей, планарного остекления и т.д. Для базовых стеклопакетов общестроительного назначения задача является не специфичной, т.к. в соответствии с СП 23-101-2004 основные характеристики светопрозрачных ограждений (в том числе сопротивление теплопередаче и звукоизоляция) приводятся в сертификатах соответствия на вид продукции.

Формула стеклопакета в соответствии с ГОСТ 24866-89 «Стеклопакеты клееные строительного назначения» может расшифровываться следующим образом:



Расчет следует начинать с более толстого стекла, для данной задачи толщина стекол одинакова (4 мм), поэтому последовательность выбора стекол не имеет значения (произвольна).

**1.** В удобном масштабе построить график нормативной частотной характеристики воздушного шума (по оси абсцисс отложить частоты 1/3 октавных полос, Гц; по оси ординат сделать разбивку от 0 до 65 дБ и отложить приведенные значения нормативной частотной характеристики изоляции воздушного шума пользуясь таблицей 2).

Пример построения приведен на рисунке 1.

**2.** В приведенной графической области построить расчетную частотную характеристику изоляции воздушного шума.

**а)** координаты точек **В** и **С** определяют из таблицы А.3, где данные приведены выборочно для данного примера [2, таблица 11].

Таблица А.3 – Расчетные значения координат точек В и С для построения расчетной частотной характеристики

Вид материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$B_x$ , Гц	$C_x$ , Гц	$B_y$ , дБ	$C_y$ , дБ
Стекло силикатное	2500	6000/h	12000/h	35	29

Примечание:  $h$  – толщина ограждения, в мм.

Тогда  $B_x$  составит:

$$B_x = 6000 / 4 = 1500 \text{ (Гц)}.$$

Значение  $B_x$  после проведенного расчета следует привести к стандартной величине частоты с учетом интервала, в который попадает расчетное значение, пользуясь при этом таблицей 4.

$$B_x = 1600 \text{ (Гц)}.$$

Координата  $C_x$  составит:

$$C_x = 12000 / 4 = 3000 \text{ (Гц)}.$$

Значение  $C_x$ , пользуясь при этом таблицей 4, следует принять равным  $C_x = 3150$  (Гц).

б) в имеющийся графической области следует нанести точки В (1600, 35) и С (3000, 29) (см. рисунок А.4).

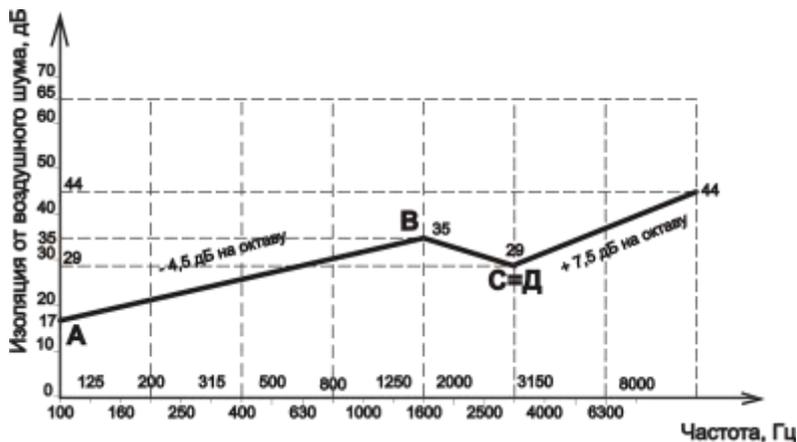


Рисунок А.4 – Схема к расчету звукоизоляции однокамерного стеклопакета

в) влево от точки **B** построить отрезок до пересечения с осью ординат под наклоном  $-4,5$  дБ на октаву – получим точку **A** с координатами (100; 17).

г) вправо от точки **C** построить отрезок с наклоном  $+7,5$  дБ на октаву. Так для ординаты 6300 Гц абсцисса составит 36,5 дБ.

Расчетной областью считают диапазон от 100 до 3150 Гц, поэтому дальнейшее построение не относится к области расчетных значений звукоизоляции.

Полученная ломанная **ABCD** – расчетная частотная характеристика изоляции одного стекла в стеклопакете.

д) Построить вспомогательную ломанную **A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>** параллельно имеющейся **ABCD**, с учетом поправки, принимаемой по [2, таблица 12; таблица А.4]. Причем отрезок **B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>** должен быть параллелен оси **x**.

Таблица А.4 – Расчет поправки при построении звукоизоляции

$m_{общ}/m_1$	$\Delta R_I$ , дБ
1,7	3,5
1,8	4,0
2,0	4,5
2,2	5,0

Примечание:  $m_1$  – поверхностная плотность стекол, кг/м<sup>2</sup>;  $m_{общ}$  – общая поверхностная плотность стеклопакета, кг/м<sup>2</sup>.

$$m_{общ} = 2500 \times (0,004 + 0,004) = 20 \text{ кг/м}^2.$$

$$m_1 = 2500 \times 0,004 = 10 \text{ кг/м}^2.$$

Тогда отношение  $m_{общ}/m_1 = 20/10 = 2$ , то есть  $\Delta R_I = 4,5$ .

Результат построения вспомогательной ломанной **A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>** приведен на рисунке А.5.

Полученное значение  $f_p$  следует округлить до ближайшей из приведенных среднегеометрических частот:  $f_p = 200$  Гц.

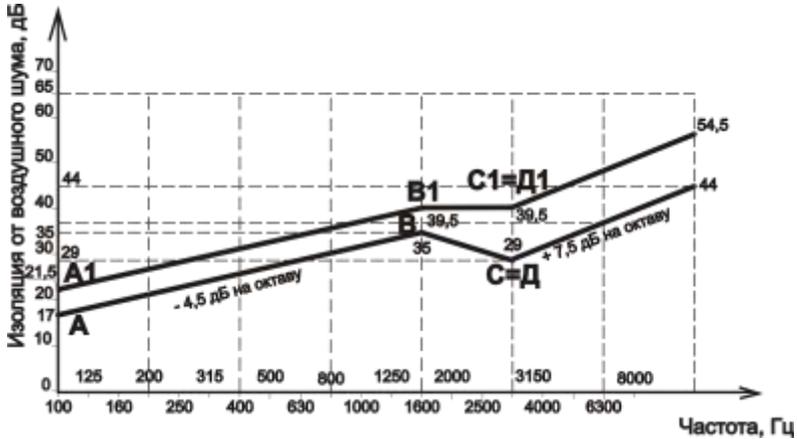


Рисунок А.5 – Построение вспомогательной ломанной  $A_1B_1C_1D_1$

е) В имеющейся графической области следует построить расчетную ломанную (см. рисунок А.6).

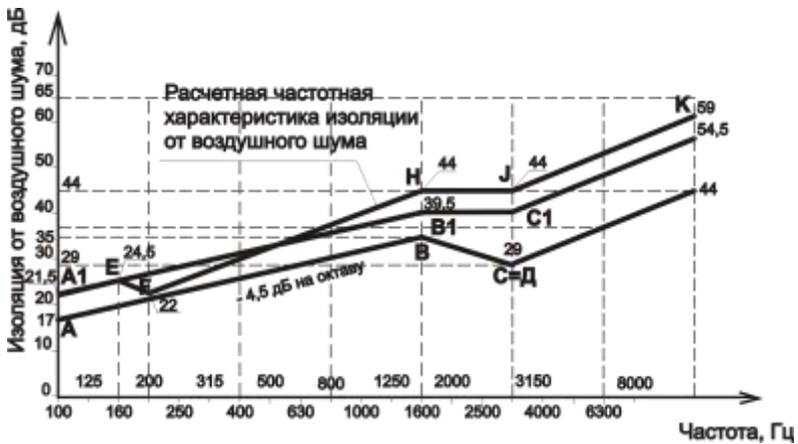


Рисунок А.6 – Построение расчетной частотной характеристики однокамерного стеклопакета  $A_1EFHJK$

До частоты  $0,8 \cdot f_p = 0,8 \cdot 200 = 160$  Гц включительно общая ломанная совпадает с отрезком  $A_1B_1$  – получаем точку  $E(160, 24,5)$ .

Далее на частоте  $f_p$  общая ломанная должна находиться ниже вспомогательной на 4 дБ – точка **F** (200, 22).

На частоте  $8 \cdot f_p = 8 \cdot 200 = 1600$  Гц координата абсцисс точки **H** общей ломанной рассчитывается по формуле: абсцисса предыдущей точки + поправка

$$R_f + H = 22 + 22 = 44 \text{ дБ}$$

где H – уточняют в соответствии с величиной воздушного зазора по [2, таблица 13].

В интервале 1600 – 3150 Гц отрезок **HJ** должен быть параллелен **B<sub>I</sub>C<sub>I</sub>**.

**3.** Сравнить значения нормативной (приведенной) частотной характеристики и расчетной частотной характеристики конструкции (ломанной **A<sub>I</sub>EFHJK**).

Для удобства выполнения оценочных расчетов данные необходимо занести в таблицу (см. таблицу А.5).

**Таблица А.5 – Ведомость расчетных характеристик однокамерного стеклопакета**

Частота $\frac{1}{3}$ октавных полос, Гц	Расчетная частотная характеристика (ломанная <b>A<sub>I</sub>EFHJK</b> ), дБ	Первое приближение		Второе приближение (минус 16 дБ)		
		Норм. частот. хар-ка, дБ	$\Delta$ , дБ	Норм. частот. хар-ка, дБ	$\Delta$ , дБ	
100	21,5	33	-11,5	17	+4,5	
125	23,0	36	-13,0	20	+3,0	
160	24,5	39	-14,5	23	+1,5	
200	22,0	42	-20,0	26	-4,0	
250	24,4	45	-20,6	29	-4,5	
315	26,8	48	-21,2	32	-5,2	
400	29,2	51	-21,8	35	-5,8	
500	31,6	52	-20,4	36	-4,4	
630	34,0	53	-19,0	37	-3,0	
800	36,4	54	-17,6	38	-1,6	
1000	38,8	55	-16,2	39	-0,2	
1250	41,2	56	-14,8	40	+1,2	
1600	44,0	56	-12,0	40	+4,0	
2000	44,0	56	-12,0	40	+4,0	
2500	44,0	56	-12,0	40	+4,0	
3150	44,0	56	-12,0	40	+4,0	
		$\Sigma$	$\Delta$			28,7

Для определения индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой (*отрицательные*).

В первом приближении сумма неблагоприятных отклонений велика, в последующих приближениях необходимо смещать оценочную кривую вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала 32 дБ.

Во втором приближении оценочная кривая смещается вниз на 16 дБ, при этом  $\sum |\Delta| = 28,7$  дБ; что максимально близко к 32 дБ, но не превышает эту величину.

За величину индекса  $R_w$  принимается ордината смещенной вниз оценочной кривой со среднегеометрической частотой 500 Гц. В приведенном расчете индекс звукоизоляции однокамерного стеклопакета составил  $R_w = 36$  дБ.

Приведенное расчетное значение звукоизоляции несколько превышает данные нормативных документов по звукоизоляции указанной конструкции. Следует отметить, что расчет не учитывает неплотности монтажа, специфику профиля и особенности эксплуатации.

Для однокамерного стеклопакета, наполненного воздухом, без учета приведенных выше факторов, индекс звукоизоляции вполне может находиться в пределах 30–36 дБ.

## Приложение Б

### Задачи к расчету звукоизоляции ограждающих конструкций

№ по списку	Содержание задачи
1	2
1	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1400 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 120 мм. Перегородка расположена между жилыми помещениями в квартире жилого дома категории Б.
2	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1300 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 120 мм. Перегородка расположена между квартирами жилого дома категории А.
3	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1100 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 160 мм. Перегородка расположена между квартирой и лестничной клеткой жилого дома категории В.
4	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1300 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 120 мм. Перегородка расположена между квартирой и лестничной клеткой жилого дома категории В.
5	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из силикатного кирпича плотностью 1600 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 380 мм. Стена расположена между помещениями квартир и магазином в жилом доме категории А.
6	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из пустотелых керамических блоков плотностью 1400 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 400 мм. Стена расположена между помещениями квартир и магазином в жилом доме категории А.
7	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из силикатного кирпича плотностью 1500 кг/м <sup>3</sup> и толщиной 380 мм. Стена расположена между помещениями квартир и магазином в жилом доме категории Б.

## Продолжение приложения Б

1	2
8	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из силикатного кирпича плотностью $1600 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 250 мм. Стена расположена между помещениями квартир и магазином в жилом доме категории Б.
9	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из силикатного кирпича плотностью $1600 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 120 мм. Перегородка расположена между комнатами в квартире жилого дома категории А.
10	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из пенобетона плотностью $800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм. Перегородка расположена между комнатами в квартире жилого дома категории Б.
11	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из газобетона плотностью $1000 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм. Перегородка расположена между кухней и комнатой в одной квартире жилого дома категории А.
12	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из керамзитобетона плотностью $1200 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм. Перегородка расположена между кухней и комнатой в одной квартире жилого дома категории В.
13	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из газосиликата плотностью $600 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм. Перегородка расположена между санузлом и комнатой в одной квартире жилого дома.
14	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из силикатного кирпича плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 120 мм. Перегородка расположена между комнатами общежития.
15	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из газосиликата плотностью $800 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 200 мм. Стена расположена между комнатами общежития.
16	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ перегородкой из газосиликата плотностью $1000 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 200 мм. Перегородка расположена между номерами в гостинице категории А.
17	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ стеной из газобетона плотностью $1000 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 400 мм. Стена расположена между номерами в гостинице категории Б.

## Продолжение приложения Б

1	2
18	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из железобетона толщиной 220 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
19	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> толщиной 300 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
20	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 2000 кг/м <sup>3</sup> толщиной 220 мм. Перекрытие находится между жилыми помещениями общежитий.
18	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из железобетона толщиной 220 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
19	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> толщиной 300 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
20	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 2000 кг/м <sup>3</sup> толщиной 220 мм. Перекрытие находится между жилыми помещениями общежитий.
18	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из железобетона толщиной 220 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
19	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 1800 кг/м <sup>3</sup> толщиной 300 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
20	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью 2000 кг/м <sup>3</sup> толщиной 220 мм. Перекрытие находится между жилыми помещениями общежитий.

## Продолжение приложения Б

1	2
21	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1600 \text{ кг/м}^3$ толщиной 220 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории А.
22	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 220 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории Б.
23	Определить индекс изоляции воздушного шума $R_w$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 200 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории В.
24	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из железобетона толщиной 220 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
25	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 300 мм. Перекрытие находится между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами в жилых зданиях категории А.
26	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $2000 \text{ кг/м}^3$ толщиной 220 мм. Перекрытие находится между жилыми помещениями общежитий.
27	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1600 \text{ кг/м}^3$ толщиной 220 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории А.
28	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 220 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории Б.
29	Определить индекс изоляции структурного шума $L_{nw}$ монолитным перекрытием из керамзитобетона плотностью $1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 200 мм. Перекрытие находится между комнатами в квартире в двух уровнях в жилых зданиях категории В.

## Библиографический список

1. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2004. – 80 с.
2. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. – М.: Стройиздат, 2003. – 100 с.
3. Звукоизоляционные системы КНАУФ. Альбом инженерных решений.
4. Звукоизолирующие конструкции. Альбом инженерных решений. Компания ЗАО «Акустические материалы и технологии».
5. Примеры применения Sylomer в Украине. Альбом инженерных решений.
6. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. – М.: Техносфера, 2005. – 536 с.

## Оглавление

Введение .....	3
1 Звук. Теоретические предпосылки .....	3
2 Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций .....	6
3 Последовательность выполнения расчета изоляции от воздушного или структурного шума .....	8
4 Рекомендации по проектированию ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию .....	15
4.1 Звукоизоляция стен и перегородок .....	15
4.2 Звукоизоляция пола и потолка .....	18
4.3 Звукоизоляция окон и дверей .....	20
4.4 Герметизация помещения и изоляция инженерного оборудования .....	21
5 Звукоизолирующие материалы .....	22
6 Снижение шума в помещениях методом звукопоглощения .....	23
<b>Приложения</b> .....	24
<b>Приложение А.</b> Примеры выполнения расчета Звукоизоляции ограждающих конструкций .....	24
<b>Приложение Б.</b> Задачи к выполнению расчета Звукоизоляции ограждающих конструкций .....	37
Библиографический список .....	41

Учебное издание

**РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ  
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Методические указания и задания к выполнению  
расчетно-графического упражнения по дисциплине  
«Строительная физика» для студентов специальностей  
270102 – Промышленное и гражданское строительство,  
270105 – Городское строительство и хозяйство и  
бакалавров по направлению 270800.62 – Строительство

Составители: Тарасенко Виктория Николаевна  
Черныш Надежда Дмитриевна

Подписано в печать 20.05.11. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 2,7. Уч.-изд. л. 2,9.  
Тираж 220 экз. Заказ Цена  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46