

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им.Т.Г.Шевченко

Физико – математический факультет

Кафедра общей и теоретической физики

ФИЗИКА СРЕДЫ И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
(часть III)

Методические указания

Тирасполь 2016

УДК 692.82.698.3
ББК

Составители: **В.П. Гречушкина** ст.преподаватель кафедры общей и теоретической физики ПГУ им.Т.Г.Шевченко
А.М.Дабежа .преподаватель кафедры общей и теоретической физики ПГУ им.Т.Г.Шевченко

Рецензенты: **А.С.Старчук** кандидат ф-м. н, доцент кафедры общей и теоретической физики
С.С.Иванова ст.преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции БПФ ПГУ им.Т.Г.Шевченко

Физика среды и ограждающих конструкций (часть III) методические указания

/Сост:-В.П.Гречушкина,А.М.Дабежа-Тирасполь 2016- 32 с. Электронный вариант

В пособии изложены вопросы, связанные с теоретической основой формирования акустической среды в зданиях. Излагаются методы нормирования, расчета и проектирования ограждающих конструкций звукоизоляции зданий.

Работа предназначена студентам специальности «Промышленное и гражданское строительство» в качестве справочного материала при выполнении курсовых работ и практических занятий по курсу «Физика среды и ограждающих конструкций»

Работа рекомендуется для многоуровневой подготовки бакалавров, магистров и специалистов строительных специальностей, может быть полезно преподавателям, желающим совершенствовать свои знания при выполнении графических работ и решении задач по вопросам акустики в строительстве.

Рекомендовано Научно – методическим Советом ПГУ им.Т.Г.Шевченко

© В.П.Гречушкина, А.М.Дабежа ,составление 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Глава I ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ.

1.1 Основные понятия и величины.

1.2 Расчет звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций

1.2.1 Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями.

1.2.2 Индекс изоляции воздушного шума

1.2.3 Индекс изоляции воздушного шума R_w , междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем

1.2.4 Индекс изоляции воздушного шума R_w , междуэтажным перекрытием без звукоизоляционного слоя.

1.2.5. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , под перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом

1.2.6. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , под перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом из рулонных материалов

ГЛАВА II РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

2.1. Звукоизоляционный расчет вертикальных ограждающих конструкций

2.2. Звукоизоляционный расчет междуэтажных перекрытий

Введение

Физика среды и ограждающих конструкций – прикладная наука, применяемая архитектором и инженером-строителем при проектировании любых строительных объектов.

Дисциплина "Физика среды и ограждающих конструкций" изучает прикладные вопросы строительной теплотехники, строительной светотехники и строительной акустики. Эта проблема актуальна и представляет огромное значение для развития качественно нового этапа в капитальном строительстве, так как температурно-влажностный, световой и акустический режимы являются основными факторами, определяющими комфортность искусственной окружающей среды (архитектуры), вписываемой в естественную среду (природу),.

Помимо этого физика среды и ограждающих конструкций является фундаментом, на котором базируются важнейшие требования основных строительных документов – СНиПов, которые регламентируют комфортность, плотность и экономичность застройки.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий

СНKK 23-302-2000 Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий

СП 23-101-2000 Проектирование тепловой защиты зданий

СНиП 23-01-99 Строительная климатология

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение

СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий

СП 51.13330.2011 Защита от шума

СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий

I Глава **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ.**

1,1 Основные понятия и величины.

Звук

– представляет собой механические колебания в упругой среде (физический процесс);

- представляет ощущение, вызываемое воздействием колеблющейся среды на человеческое ухо (физиологический процесс).

Для звукового процесса требуются источник звука, передающая среда, приемник звука.

Звуковая волна – представляет собой распространение механических колебаний в упругой среде. Волны бывают продольными и поперечными. Звуковые волны в воздухе представляют собой продольные волны, то есть наблюдается чередование областей сжатия и разрежения воздуха. В продольных волнах колебания частиц среды совпадают по направлению с направлением распространения звука.

Волновое движение характеризуется следующими величинами:

λ - **длина волны** – представляет собой расстояние между двумя ближайшими точками, колеблющимися в одной фазе, измеряется в метрах;

ν – **частота** – число колебаний в единицу времени, измеряется в Гц;

c – **скорость звука**, измеряется в м/с.

Связь между этими характеристиками записывается $c = \lambda \cdot \nu$

Частота и спектр звука

Нормальное человеческое ухо воспринимает звуки в интервале частот от 20 до 20 000 Гц. Чувствительность человеческого уха различна к разным участкам частотного интервала. Область наибольшей *чувствительности уха примерно приходится в диапазоне частот от 500 до 5000 Гц*

Инфразвуки – неразличимые колебания человеческим ухом с частотой меньше 20 Гц. Инфразвуки вызваны работой машин или электрооборудования. Инфразвуки оказывают сильное физиологическое воздействие на человека.

Ультразвуки - неразличимые колебания человеческим ухом с частотой более 20 000 Гц. Ультразвуки не воздействуют на органы чувств человека. Ультразвук нашел огромное применение в медицине, промышленности как основной метод неразрушающего контроля качества изделий.

Рассмотрим более подробно различимые звуки человеческим ухом.

Октава – интервал частот от ν_1 до ν_2 , верхняя граница которого в 2 раза больше нижней: $\nu_2 = 2\nu_1$.

Чистый тон – звук, строго определенной частоты. Графически чистый тон представляет одиночную плавную синусоиду. Чистые тоны получают только с помощью электронных устройств. Реальные звуки это сложные звуки, состоящие из нескольких (или многих) тонов с различными частотами. Совокупность этих частот определяет **спектр сложного звука**.

Звук или голос музыкального инструмента имеет прерывный спектр, то есть содержит звуки определенных частот – **обертоны** (или гармоники). Нижняя частота в таком спектре определяет тональность звука и соответствует основному тону.

Сплошным спектром характеризуются **шумы**, представляющие собой колебания различных частот.

Звуковая энергия. Звуковое давление. Сила звука

Звуковое давление p представляет собой изменение атмосферного давления в определенном периоде времени. Началом отсчета является давление

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2 \text{ или } 20 \text{ Па (1 Па} = 1 \text{ Н/м}^2 \text{)}.$$

Это самое **меньшее давление звука**, которое может еще воспринимать человек с нормальным слухом (порог слышимости).

Звуковая мощность P (англ. Power). Звуковая мощность представляет собой полную звуковую энергию, излучаемую источником звука по всем направлениям в пространстве. Единица звуковой мощности Ватт (Вт).

Звуковые мощности различных источников приведены в таблице.

Источник звука	Мощность (Вт)
Разговор (человеческая речь)	10^{-5}
Наивысшая мощность человеческого голоса	$2 \cdot 10^{-3}$
Фортепиано	$2 \cdot 10^{-3}$
Труба	$3 \cdot 10^{-1}$
Авто сигнал	5
Громкоговоритель	10^2

Сирена тревоги	$3 \cdot 10^3$
Реактивный двигатель	10^4
Двигатель ракеты	10^6

Звуковая энергия, E. Звуковая энергия это величина равная произведению мощности звука и времени действия.

Звуковая энергия зависит как от мощности звука, так и от времени его действия. Единица измерения: Ватт секунда (Вт*с).

$$E = Pt$$

Интенсивность звука. Интенсивность звука эта величина равная звуковой мощности (Вт) приходящей на единицу площади (m^2) площадки (S), перпендикулярной направлению распространения звука.

Порог слышимости начинается при интенсивности звука $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

$$I = P/S$$

Уровень звукового давления, L (англ. Level).

Человеческое ухо оценивает не абсолютные, а относительные изменения звукового давления или оценивает интенсивность звука. По закону Вебера-Фехнера уровень ощущения изменяется пропорционально логарифму физического воздействия. Этот закон касается не только звука, но и других физиологических ощущений как свет, боль, обоняние и др.. Интенсивности звука и звукового давления изменяется в огромных пределах. Человеческое ухо различает изменения данных параметров в 10^{14} и 10^7 раз соответственно. По этой причине вводятся логарифмические единицы:

Уровень интенсивности звука или Уровень звукового давления

$$L = 10 \lg (I/I_0) = 10 \lg (p^2/p_0^2) = 20 \lg (p/p_0).$$

Единица измерения Децибел, дБ.

Здесь I_0 и p_0 - значения, соответствующие порогу слышимости ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² на частоте 1000 Гц, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Скорость звука С.

Скорость звука зависит от среды, в котором звук распространяется, от температуры этой среды и от частоты звука.

С увеличением температуры среды, увеличивается скорость звука, Это объясняется тем, что с увеличением температуры увеличивается скорость движения молекул среды, то есть при более высокой температуры молекулы среды более подвижны чем более холодные.

Для воздуха справедлива формула $C_L = 331,2 + 0,6 \Delta T$.

Здесь 331,2 м/с - скорость звука в воздухе при 0 °С;
 ΔT - разность температуры относительно 0°С.

Так, например, при температуре воздуха +18 °С скорость звука составляет:

$$C = 331,2 + 0,6 \cdot 18 = 342 \text{ м/с.}$$

В общем случае:

$$C = 10^3 (E_{\text{дин}} / \rho)^{1/2}$$

где, $E_{\text{дин}}$. — динамический модуль упругости материала, измеряется в МН/м²; ρ - плотность материала, измеряется в кг/м³.

Длина волны звука, λ . Звук представляет собой волновой процесс

Длина звуковой волны выражается через скорость распространения звука в воздухе и его частоты.

$$\lambda = C_L / f, \text{ измеряется в м}$$

Зная среднюю скорость звука в воздухе 343 м/с, можно построить шкалу длин волн в зависимости от частот. Частота и длина волны обратно пропорциональны – меньшей частоте соответствует большая длина волны. Частота волн, воспринимаемых человеческим ухом, изменяется в большом интервале: от 16 до 20 000 Гц.

Параметры шума оцениваются в **октавных** или в **третьоктавных** диапазонах.

Октавой называется полоса частот, в которой отношение верхней f_1 и нижней f_2 граничных частот равно 2.

Для **третьоктавной** полосы $f_2 / f_1 = 1,26$. В качестве частоты, характеризующей полосу такого диапазона в целом, берется среднегеометрическая частота $f = (f_2 \cdot f_1)^{1/2}$

Ниже приведены среднегеометрические частоты октавных полос, стандартизованные для акустических измерений.

Интервалы частот в одну октаву и соответствующие длины звуковых волн

F_B Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000
λ_B м	10,9	5,44	2,74	1,37	0,69	0,34	0,17	0,0858	0,0429	0,0214	0,0107

Отсюда следует: Чем ниже частота, тем больше длина волны.

Звуки разной частоты при одинаковом уровне звукового давления могут создавать разное ощущение громкости, уровень звукового давления не может характеризовать звук полностью,.

Порог слышимости, и болевой порог наступают на разных частотах при разных значениях L .

Например, звук частотой 31,5 Гц начинает быть слышимым при 53 дБ, тогда как при частоте 2000 Гц - уже при 0 дБ.

Однако, звук будет восприниматься как болевое ощущение при частоте 31,5 Гц, если уровень звукового давления достигнет 135 дБ, тогда как при частоте 2000 Гц это произойдет при звуковом давлении 112 дБ.

Вывод: низкие частоты воспринимаются человеческим ухом лучше, чем высокие.

Уровень громкости, L_A . Уровни громкости выражаются в **фонах**. Фон выражает субъективное ощущение звукового давления, тогда, как децибел является физической величиной. При частоте 1000 Гц децибелы соответствуют фонам.

1.2 Расчет звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций

Источники шума в зданиях делятся на **внутренние источники и внешние источники**.

Шумы инженерного и санитарно-технического оборудование, громкая музыка, танцы и другие подобные звуки является **внутренним источником шума**; **внешним источником шума** является транспорт, промышленные предприятия и др.

Шумы в свою очередь разделяются на два типа: **воздушный и ударный**. Если передача звуковой энергии происходит в результате колебания конструкции, которая разделяет два помещения и источник шума не связан с конструкциями ,например, громкоговоритель, то такой **шум называют воздушным**.

Если передача энергии происходит за счет колебания конструкции, при ударах по междуэтажному перекрытию, например, ходьба, танцы и др. такой **шум называют ударным**.

Результаты расчета сравнивают с требованиями СНиП 23-03. и делается заключение о пригодности данной конструкции

1.2.1. Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями

Определяется на основании рассчитанной частотной характеристики изоляции воздушного шума. Индекс изоляции воздушного шума перекрытиями с полом на упругом основании и индекс приведенного уровня

ударного шума под перекрытиями определяют непосредственно (без построения расчетных частотных характеристик).

Частотную характеристику изоляции воздушного шума однослойной плоской ограждающей конструкцией с поверхностной плотностью от 100 до 800 кг/м² из бетона, железобетона, кирпича и подобных материалов определяют, изображая ее в виде ломаной линии *ABCD* (рис. 1.1).

Построение расчетной частотной характеристик изоляции воздушного шума производится в следующем порядке:

- абсциссу точки *B* – f_B определяют по таблице 1.1 в зависимости от толщины и плотности материала конструкции. Значение f_B округляют до среднегеометрической частоты, в пределах которой находится f_B . Границы третьоктавных полос приведены в таблице 1.2.

- ординату точки *B* – R_B определяют в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности m_e по формуле:

$$R_B = 20 \lg m_e - 12, \text{ дБ} \quad (1.1)$$

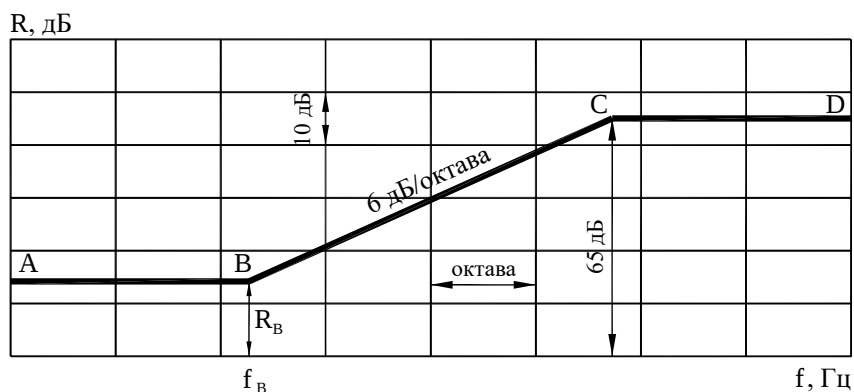


Рисунок 1.1 – Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

Таблица 1.1 – Определение значения абсциссы точки *B* в зависимости от толщины* и плотности материала конструкции

Плотность γ , кг/м ³	f_B , Гц
≥ 1800	$29\,000/h^{**}$
1600	$31\,000/h$
1400	$33\,000/h$
1200	$35\,000/h$
1000	$37\,000/h$
800	$39\,000/h$
600	$40\,000/h$
* h – толщина ограждения, мм.	
** Для промежуточных значений γ частота f_B определяется интерполяцией.	

Таблица 1.2 – Среднегеометрические частоты и границы
1/3-октавных полос

Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы	Границы 1/3-октавной полосы	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы	Границы 1/3-октавной Полосы
100	89 – 111	630	562 – 707
125	112 – 140	800	708 – 890
160	141 – 176	1000	891 – 1122
200	177 – 222	1250	1123 – 1414
250	223 – 280	1600	1415 – 1782
315	281 – 353	2000	1783 – 2244
400	354 – 445	2500	2245 – 2828
500	446 – 561	3150	2829 – 3563

Эквивалентная поверхностная плотность m_s определяется по формуле:

$$m_s = K \cdot m, \text{ кг/м}^2, \quad (1.2)$$

где m – поверхностная плотность, кг/м²;

K – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов 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 $K = 1$.

Значение R_b следует округлять до 0,5 дБ.

Построение частотной характеристики производится в следующей последовательности: из точки B влево проводится горизонтальный отрезок BA , а вправо от точки B проводится отрезок BC с наклоном 6 дБ на октаву до точки C с ординатой $R_c = 65$ дБ, из точки C вправо проводится горизонтальный отрезок CD . Если точка C лежит за пределами нормируемого диапазона частот ($f_c > 3150$ Гц), отрезок CD отсутствует.

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 1.3.

Таблица 1.3 – Оценочная кривая изоляции воздушного шума

	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R_i , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

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

Неблагоприятными отклонениями считаются отклонения вниз от оценочной кривой.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса R_w 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 32 дБ.

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 максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

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

1.2.3. Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем

следует определять по таблице 1.4 в зависимости от величины индекса изоляции воздушного шума несущей плитой перекрытия R_{w0} , дБ, определенного в соответствии частоты резонанса конструкции f_p , Гц, определяемой по формуле:

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d(m_1 + m_2)}{dm_1 m_2}}, \quad (1.3)$$

где E_d – динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, Па, принимаемый по таблице 1.5;
 m_1 – поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м²;
 m_2 – поверхностная плотность конструкции пола выше звукоизоляционного слоя (без звукоизоляционного слоя), кг/м²;
 d – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м, определяемая по формуле

$$d = d_0(1 - \varepsilon),$$

где d_0 – толщина звукоизоляционного слоя в не обжатом состоянии, м;
 ε – относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя под нагрузкой, принимаемое по таблице 1.5.

1.2.4. Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, междуэтажным перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом из рулонных материалов

следует определять учитывая, что величина m равна поверхностной плотности плиты перекрытия (без рулонного пола).

Таблица 1.4 – Индексы изоляции воздушного шума перекрытиями со звукоизоляционным слоем

Конструкция пола	f_p , Гц	Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w , дБ, при индексе изоляции несущей плитой перекрытия R_{w0} , дБ					
		43	46	49	52	55	57
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой в виде ленточных прокладок с $E_d = 5 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5$ Па при расстоянии между полом и несущей плитой 60-70 мм	160	53	54	55	56	57	58
	200	50	52	53	54	56	58
	250	49	51	52	53	55	57
	320	48	49	51	53	55	-
	400	47	48	50	52	-	-
	500	46	48	-	-	-	-
2. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 60-120$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	63	-	55	56	57	58	59
	80	53	54	55	56	57	58
	100	52	53	54	55	56	58
	125	51	52	53	54	55	57
	160	50	51	53	54	55	57
	200	47	49	51	53	-	-
3. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных $m = 60-120$ кг/м ² по звукоизоляционному слою из песка с $E_d = 12 \cdot 10^6$ Па	200	-	53	54	55	56	58
	250	50	52	53	54	55	57
	320	49	51	52	54	55	57
	400	48	50	51	53	55	57
	500	47	49	51	53	55	57

1.2.5. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое следует определять по таблице 1.6 в зависимости от величины индекса приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия (сплошного сечения или с круглыми пустотами) L_{nw0} , дБ, определяемой по таблице 1.7, и частоты собственных колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое, f_0 , Гц, определяемой по формуле:

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{dm_2}}, \quad (1.4)$$

где E_d , d , m_2 – то же, что в формуле 1.3.

Таблица 1.5 – Динамические модули упругости и относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя под нагрузкой

Материалы	Плотность, кг/м ³	Динамический модуль упругости E_d , Па и относительное сжатие ε материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на звукоизоляционный слой, Па					
		2000		5000		10000	
		E_d	ε	E_d	ε	E_d	ε
1.Плиты минераловатные на синтетическом связующем: -полужесткие	70 – 90	$3,6 \cdot 10^5$	0,5	$4,5 \cdot 10^5$	0,55	-	-
	95 – 100	$4,0 \cdot 10^5$	0,5	$5,0 \cdot 10^5$	0,55	-	-
	110 – 125	$4,5 \cdot 10^5$	0,5	$5,5 \cdot 10^5$	0,5	$-7,0 \cdot 10^5$	0,6
	130 – 150	$5,0 \cdot 10^5$	0,4	$6,0 \cdot 10^5$	0,45	$8,0 \cdot 10^5$	0,55
2. Плиты из изовербазальтового волокна на синтетическом связующем	70 – 90	$1,9 \cdot 10^5$	0,1	$2,0 \cdot 10^5$	0,15	$2,6 \cdot 10^5$	0,2
	100 – 120	$2,7 \cdot 10^5$	0,08	$3,0 \cdot 10^5$	0,1	$4,0 \cdot 10^5$	0,15
	125 – 150	$3,6 \cdot 10^5$	0,07	$5,0 \cdot 10^5$	0,08	$6,5 \cdot 10^5$	0,1
3. Маты минераловатные прошивные	75 – 125	$4,0 \cdot 10^5$	0,65	$5,0 \cdot 10^5$	0,7	-	-
	126 – 175	$5,0 \cdot 10^5$	0,5	$6,5 \cdot 10^5$	0,55	-	-
4. Плиты древесноволокнистые мягкие	250	$10 \cdot 10^5$	0,1	$11 \cdot 10^5$	0,1	$12 \cdot 10^5$	0,15
5. Прессованная пробка	200	$11 \cdot 10^5$	0,1	$12 \cdot 10^5$	0,2	$12,5 \cdot 10^5$	0,25
6. Песок прокаленный	1300–1500	$120 \cdot 10^5$	0,03	$130 \cdot 10^5$	0,04	$140 \cdot 10^5$	0,06

Пенополиэкс		$1,8 \cdot 10^5$	0,02	$2,5 \cdot 10^5$	0,1	$3,2 \cdot 10^5$	0,2
Изолон		$2 \cdot 10^5$	0,05	$3,4 \cdot 10^5$	0,1	$4,2 \cdot 10^5$	0,2
Энергофлекс		$2,7 \cdot 10^5$	0,04	$3,8 \cdot 10^5$	0,1	-	-
Пенофол							
Вилатерм							
Парколаг		$2,6 \cdot 10^5$	0,1	$3,7 \cdot 10^5$	0,15	$4,5 \cdot 10^5$	0,2
Термофлекс		$4 \cdot 10^5$	0,03	$4,8 \cdot 10^5$	0,1	-	-
Порилекс		$4,7 \cdot 10^5$	0,15	$5,8 \cdot 10^5$	0,2	-	-
Этафом		$6,4 \cdot 10^5$	0,02	$8,5 \cdot 10^5$	0,1	$9,2 \cdot 10^5$	0,2
Пенотерм		$6,6 \cdot 10^5$	0,1	$8,5 \cdot 10^5$	0,2	$9,2 \cdot 10^5$	0,2

*Для нагрузок на звукоизоляционный слой, не указанных в этой таблице, величины E_d и ε следует принимать по линейной интерполяции в зависимости от фактической нагрузки.

Таблица 1.6 – Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием со звукоизоляционным слоем

Конструкция пола	f_0 , Гц	Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} при индексе для несущей плиты перекрытия L_{nw0} *						
		86	84	82	80	78	76	74
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой в виде ленточных прокладок с $E_d = 5 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5$ Па при расстоянии между полом и несущей плитой 60-70 мм	160	59	58	56	55	54	54	53
	200	61	60	58	57	55	54	54
	250	62	61	59	58	56	55	55
	315	64	62	60	59	57	56	56
2. Покрытие пола на сборных плитах с $m = 30$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	100	60	58	56	54	52	51	50
	125	64	62	60	58	56	55	54
	160	68	66	64	62	60	59	58
	200	70	68	66	64	62	61	60
	250	72	70	68	66	64	63	62
3. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 60 - 120$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	60	61	58	56	54	51	49	48
	80	62	59	57	56	53	52	51
	100	64	61	59	57	56	55	54
	125	66	63	61	59	58	57	56
	160	68	65	63	61	60	58	57
	200	70	68	66	64	62	60	59
4. То же, по	160	62	60	58	57	55	54	53
	200	65	63	61	59	58	57	56

звукоизоляционному слою из песка $E_d=12 \cdot 10^6$ Па	250 315	67 71	65 69	63 67	61 66	60 64	59 63	58 62
5. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m=120$ кг/м ² по звукоизоляционному слою с $E_d=3 \cdot 10^5$ - $10 \cdot 10^5$ Па	60 80 100 125 160 200	59 61 63 65 67 68	56 58 60 62 64 65	54 56 58 60 62 64	52 54 57 58 60 62	50 52 55 56 58 60	48 50 53 54 56 58	47 49 52 53 55 57
6. То же, по звукоизоляционному слою из песка $E_d=12 \cdot 10^6$ Па	160 200 250 315	61 63 65 69	58 60 63 67	56 58 61 65	55 57 59 64	53 55 58 62	52 54 57 61	51 53 56 60
*При промежуточных значениях поверхностной плотности стяжки (сборных плит) индексы следует определять по интерполяции, округляя до целого числа дБ.								

Таблица 1.7 – Индексы приведенных уровней ударного шума для несущих плит перекрытий

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м ²	Значения L_{nw0} , дБ
150	86
200	84
250	82
300	80
350	78
400	77
450	76
500	75
550	74
600	73

1.2.6. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ, под перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом из рулонных материалов следует определять по формуле

$$L_{nw} = L_{nw0} - \Delta L_{nw}, \quad (1.5)$$

где L_{nw0} – индекс приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия, дБ, принимаемый по таблице 6.7;

ΔL_{nw} – индекс снижения приведенного уровня ударного шума, дБ, принимаемый по таблице 1.8.

**Таблица 1.8 – Индекс снижения приведенного уровня ударного шума
под перекрытием за счет рулонного покрытия пола**

Покрытие пола	Толщина, мм	$\Delta L_{пв}$, дБ
1. Дублированный теплозвукоизоляционный линолеум на вязально-прошивной прокладке	3,7	16
2. Поливинилхлоридный линолеум с подосновой из нитрона	3,6	19
3. Ворсолин беспетлевой с рифленой поверхностью	4,2	19
4. Ворсолин беспетлевой на вязально-прошивной прокладке	4,5	20

ГЛАВА II РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Задача строительной звукоизоляции состоит в обеспечении оптимальной звукоизоляции в помещениях, используя ограждающие конструкции, при воздействии на них воздушного и ударного шумов. Кроме этого строительная акустика разрабатывает вопросы, которые обеспечивают нормативную звукоизоляцию в помещениях конструктивными и планировочными приемами.

2.1. Звукоизоляционный расчет вертикальных ограждающих конструкций

Пример 1. Определить индекс изоляции воздушного шума R_w^p перегородки из тяжелого бетона плотностью $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм.

Порядок расчета

Для построения частотной характеристики изоляции воздушного шума определяем эквивалентную поверхностную плотность ограждения по формуле СП 23-103-03

$$m_{\text{э}} = m \cdot k = \gamma \cdot h \cdot k = 2500 \cdot 0,1 \cdot 1 = 250 \text{ кг/м}^2.$$

По приложению (23) устанавливаем значение абсциссы точки В – f_B в зависимости от плотности бетона и толщины перегородки

$$f_B = 29000/100 = 290 \text{ Гц}.$$

Округляем найденную частоту $f_B = 290 \text{ Гц}$ до среднегеометрической частоты согласно данным СП 23-103-03:

$$f_B = 315 \text{ Гц}.$$

Определяем ординату точки В по СП 23-103-03:

$$R_B = 20 \cdot \lg m_{\text{э}} - 12 = 20 \cdot \lg 250 - 12 = 36 \text{ дБ}.$$

Параметры расчетной и нормативной частотных характеристик заносим в таблицу и дальнейший расчет выполняем в табличной форме.

I шаг: Находим неблагоприятные отклонения, которые расположены ниже нормативной кривой и определяем их сумму, которая равняется 105 дБ, что значительно больше 32 дБ.

II шаг: Смещаем нормативную кривую вниз на 7 дБ и находим новую сумму неблагоприятных отклонений, которая составляет 28 дБ, что максимально приближается, но не превышает значения 32дБ.

№ п/п	Параметры	Среднегеометрические частоты трёхоктавных полос, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Расчетная частотная характеристика R , дБ	36	36	36	36	36	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
2	Оценочная кривая, дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
3	Неблагоприятные отклонения, дБ	-	-	3	6	9	12	13	12	11	10	9	8	6	4	2	-
4	Оценочная кривая, смещенная вниз на 7 дБ	26	29	32	35	38	41	44	45	46	47	48	49	49	49	49	49
5	Неблагоприятные отклонения от оценочной кривой, дБ	-	-	-	-	2	5	6	5	4	3	2	1	-	-	-	-
6	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ								45								

За расчетную величину индекса изоляции воздушного шума принимается ордината смещенной нормативной кривой частотной характеристики в 1/3-октавной полосе 500 Гц, которая определяется как разность между ординатой оценочной кривой на частоте 500 Гц и числом ее переноса, т.е.

$$R_w^P = R_w^n - \Delta \text{ пер} = 52 - 7 = 45 \text{ дБ.}$$

Вывод: Индекс изоляции воздушного шума R_w^P перегородки из тяжелого бетона плотностью $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 100 мм составляет 45 дБ.

Пример 2. Требуется определить частотную характеристику изоляции воздушного шума глухим металлическим витражом, остекленным одним силикатным стеклом толщиной 6 мм.

Порядок расчета

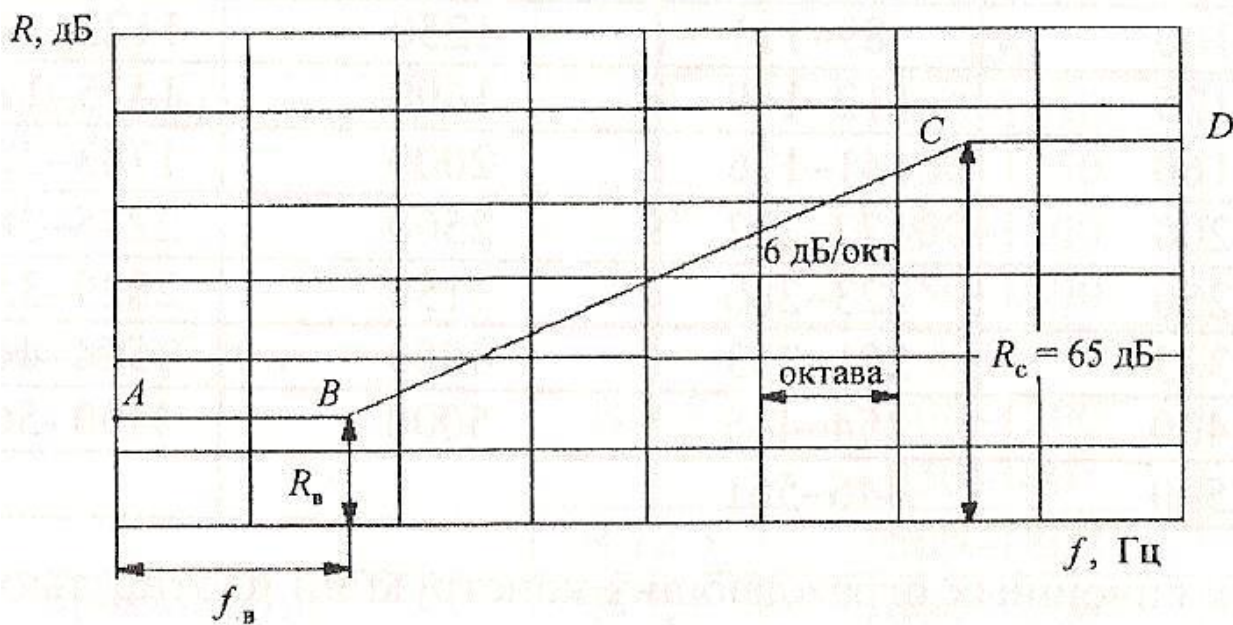
Находим по таблице 1.10 координаты точек В и С:

$$f_B = 6000/6 = 1000 \text{ Гц}; R_B = 35 \text{ дБ.}$$

$$f_C = 12000/6 = 2000 \text{ Гц}; R_C = 29 \text{ дБ.}$$

Строим частотную характеристику в соответствии с указаниями п. 3.5 СП 23-103-03, для чего из точки В проводим влево отрезок ВА с наклоном 4,5 дБ на октаву, а из точки С вправо отрезок CD с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Рис. Расчетная частотная характеристика к примеру



Вывод. В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума витражом составляет (смотреть данные таблицы)

f , Гц	R_n , дБ	f , Гц	R_n , дБ	f , Гц	R_n , дБ
100	20,0	315	27,5	1000	35,0
125	21,5	400	29,0	1250	33,0
160	23,0	500	30,5	1600	31,0
200	24,5	630	32,0	2000	29,0
250	26,0	800	33,5	2500	31,5
				3150	34,0

Пример 3. Требуется построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой, выполненной из двух гипсокартонных листов толщиной 14 мм, $\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$ каждый по деревянному каркасу. Воздушный промежуток составляет 100 мм.

Порядок расчета

Строим частотную характеристику звукоизоляции для одного гипсокартонного листа в соответствии с п. 3.5 СП 23-103-03.

Координаты точек В и С определяем по таблице 1.10:

$$F_B = 19000/14 = 1337 \text{ Гц}; R_B = 34 \text{ дБ.}$$

$$F_C = 38000/14 = 2714 \text{ Гц}; R_C = 28 \text{ дБ.}$$

Округляем частоты f_B и f_C до стандартных в соответствии с СП 23-103-03:

$$f_B = 1250 \text{ Гц}; \quad f_C = 2500 \text{ Гц.}$$

Строим вспомогательную линию ABCD в соответствии с СП 23-103-03 (см. рис. к примеру 2).

Устанавливаем поправку ΔR_1 (приложение 25) в зависимости от величины отношения:

$$m_{\text{общ}}/m_1 = 2 \cdot 850 \cdot 0,014 / 850 \cdot 0,014 = 2.$$

Согласно таблицы 1.11 для $m_{\text{общ}}/m_1 = 2$ поправка $\Delta R_1 = 4,5 \text{ дБ}$.

С учетом поправки $\Delta R_1 = 4,5 \text{ дБ}$ строим линию $A_1 B_1 C_1 D_1$, которая на 4,5 дБ выше линии ABCD.

Определяем частоту резонанса по формуле с учетом поверхностной плотности гипсокартонного листа

$$f_P = 60 \sqrt{\frac{m_2 + m_1}{dm_1 m_2}} = 60 \sqrt{\frac{11,9 + 11,9}{0,1 \cdot 11,9 \cdot 11,9}} = 77,8 \approx 80 \text{ Гц.}$$

$$m_1 = m_2 = 850 \cdot 0,014 = 11,9 \text{ кг/м}^2;$$

От точки N проводим отрезок R_N с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Полученная ломаная линия A1EFKLMNP (см. рис.к примеру 3) представляет собой частотную характеристику изоляции воздушного шума гипсокартонной перегородки.

В нормируемом диапазоне частот звукоизоляция воздушного шума перегородкой составляет:

$f, \text{Гц}$	$R, \text{дБ}$	$f, \text{Гц}$	$R, \text{дБ}$	$f, \text{Гц}$	$R, \text{дБ}$	$f, \text{Гц}$	$R, \text{дБ}$
100	19,5	250	31,0	630	42,5	1600	47,0
125	22,5	315	34,0	800	44,0	2000	44,0
160	25,0	400	36,5	1000	45,5	2500	41,0
200	28,0	500	39,5	1250	47,0	3150	43,5

Вывод. Полученная ломаная линия A1EFKLMNP (см.рис. к примеру 3) представляет собой частотную характеристику изоляции воздушного шума каркасно обшивной перегородки, выполненной из двух гипсокартонных листов толщиной 14 мм каждый по деревянному каркасу с воздушным промежутком между листами 100 мм.

2.2. Звукоизоляционный расчет междуэтажных перекрытий

Пример 4. Определить индекс изоляции воздушного шума междуэтажного перекрытия из железобетонной плиты $\gamma=2500 \text{ кг/м}^3$, толщиной 100 мм; дощатого пола 35 мм на деревянных лагах сечением $100 \times 50 \text{ мм}$ с шагом 500 мм, уложенных по звукоизолирующим полосовым прокладкам из жестких минераловатных плит $\gamma = 140 \text{ кг/м}^3$, толщиной 55 мм в не обжатом состоянии. Полезная нагрузка на перекрытие 2000 Па.

Порядок расчета

Определяем поверхностную плотность элементов перекрытия:

– несущей плиты

$$m_1 = \gamma_1 \delta_1 = 2500 \cdot 0,1 = 250 \text{ кг/м}^2;$$

– конструкции пола

$$m_2 = \gamma_2 \delta_2 = 600 \cdot 0,035 (\text{доски}) + 600 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot 2 (\text{лаги}) = 27 \text{ кг/м}^2.$$

Устанавливаем нагрузку на звукоизолирующую прокладку с учетом того, что на 1 м² приходится 2 лаги:

$$P = 2000 + 2500 + 270 = 4770 \text{ Па.}$$

Рассчитываем индекс изоляции воздушного шума R_{wo} для несущей плиты перекрытия по формуле СП 23-103-03:

$$R_{wo} = 37 \lg m_1 - 43 = 37 \lg 250 - 43 = 45,7 = 46 \text{ дБ.}$$

Находим толщину звукоизолирующей прокладки в обжатом состоянии при $\varepsilon_d = 0,55$: Па по формуле СП 23-103-03:

$$d = d_0 (1 - \varepsilon) = 0,04(1 - 0,55) = 0,018 \text{ м.}$$

Определяем частоту резонанса конструкции перекрытия при $E_d = 8,0 \cdot 10^5$ Па по формуле СП 23-103-03:

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d (m_2 + m_1)}{d m_1 m_2}} = 0,16 \sqrt{\frac{8 \cdot 10^5 (250 + 27)}{0,018 \cdot 250 \cdot 27}} = 216 \approx 200 \text{ Гц.}$$

В зависимости от $R_{wo} = 46$ дБ и $f_{p.p} = 200$ Гц по таблице 1.14 находим индекс изоляции воздушного шума для вышеуказанной конструкции междуэтажного перекрытия, который составляет –

$$R_w = 52 \text{ дБ.}$$

Вывод. Индекс изоляции воздушного шума междуэтажного перекрытия из железобетонной плиты толщиной 100 мм с дощатым полом на деревянных лагах, уложенных по звукоизолирующим полосовым прокладкам из жестких минераловатных плит, составляет $R_w = 52$ дБ.

Пример 5. Рассчитать индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием, состоящим:

- из несущей железобетонной панели толщиной 140 мм и $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$;
 - звукоизолирующего материала «Пенотерм» (НПЛ-ЛЭ) толщиной 10 мм в необжатом состоянии;
 - гипсобеетонной панели основания пола $\gamma = 1300 \text{ кг/м}^3$ и толщиной 50 мм;
 - линолеума $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$, толщиной 3 мм.
- Полезная нагрузка на перекрытие – 2000 Па.

Порядок расчета

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

– плиты перекрытия $m_1 = \gamma_1 \delta_1 = 2500 \cdot 0,14 = 350 \text{ кг/м}^2$;

– конструкции пола $m_2 = \gamma_2 \delta_2 = 1300 \cdot 0,05 + 1100 \cdot 0,003 = 68,3 \text{ кг/м}^2$.

Нагрузка на звукоизоляционный слой составляет:

$$P = 2000 + 683 = 2683 \text{ Па.}$$

Для $m_1=350 \text{ кг/м}^2$ согласно таблице 1.7, находим значение

$$Lnwo = 78 \text{ дБ.}$$

По формуле СП 23-103-03 вычисляем толщину звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии при $\epsilon_d = 0,55$:

$$d = 0,01(1 - 0,1) = 0,009$$

Определяем частоту собственных колебаний пола по формуле СП 23-103-03 при $E_d = 6,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$:

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{dm_2}} = 0,16 \sqrt{\frac{6,6 \times 10^5}{0,009 \times 68,3}} = 165 \approx 160 \text{ Гц.}$$

По таблице 1.6 устанавливаем индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием $Lnw = 60 \text{ дБ}$.

Вывод. Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием, состоящим: из несущей железобетонной панели толщиной 140 мм, звукоизолирующего материала «Пенотерм» (НПЛ-ЛЭ) толщиной 10 мм, гипсобетонной панели основании пола толщиной 50 мм и линолеума толщиной 3 мм, составляет $L_{nw} = 60$ дБ.

Пример 6. Определить индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием, состоящим из несущей железобетонной плиты $\gamma = 2500$ кг/м³ толщиной 160 мм и чистого пола из поливинилхлоридного линолеума с тепло-звукоизоляционной подосновой из нитрона толщиной 3,6 мм.

Порядок расчета

Определяем поверхностную плотность несущей плиты перекрытия:

$$m_1 = \gamma_1 \delta_1 = 2500 \cdot 0,16 = 400 \text{ кг/м}^2.$$

Находим по данным приложения (39) для плиты перекрытия индекс приведенного уровня ударного шума:

$$L_{nwo} = 77 \text{ дБ.}$$

По таблице 1.9 устанавливаем индекс снижения приведенного уровня ударного шума в зависимости от материала покрытия пола:

$$\Delta L_{nw} = 19 \text{ дБ.}$$

Определяем по формуле СП 23-101-04 индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} под междуэтажным перекрытием:

$$L_{nw} = 77 - 19 = 58 \text{ дБ.}$$

Вывод. Индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием, состоящим из несущей железобетонной плиты толщиной 160 мм и чистого пола из поливинилхлоридного линолеума с теплозвукоизоляционной подосновой из нитрона толщиной 3,6 мм составляет $L_{nw} = 58$ дБ.

Пример 7. Определить индекс изоляции воздушного шума R_{wo} (дБ) междуэтажным перекрытием, состоящим из железобетонной несущей плиты $\gamma = 2500$ кг/м³, толщиной 160 мм и чистого пола из поливинилхлоридного линолеума на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове (ГОСТ 18108–80).

Порядок расчета

Определяем поверхностную плотность несущей плиты перекрытия:

$$m_1 = \gamma_1 \delta_1 = 2500 \cdot 0,16 = 400 \text{ кг/м}^2.$$

Устанавливаем по формуле СП 23-103-03 индекс изоляции воздушного шума несущей плиты перекрытия:

$$R_w = 37 \lg 400 - 43 = 53,3 = 53,5 \text{ дБ.}$$

В связи с тем, что в качестве чистого пола принят поливинилхлоридный линолеум с теплозвукоизоляционной подосновой (ГОСТ 18108–80), из рассчитанной величины индекса воздушного шума междуэтажного перекрытия следует вычесть 1 дБ и, таким образом, окончательная величина R_w составит:

$$R_w = 53,3 - 1 = 52,5 \text{ дБ.}$$

Вывод. Индекс изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием, состоящим из железобетонной несущей плиты толщиной 160 мм и чистого пола из поливинилхлоридного линолеума на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове, составляет $R_{wo} = 52,5$ дБ

Таблица 1.9 Снижение индекса приведенного уровня ударного шума от применяемого материала покрытия пола

Покрывтие пола	Толщина, мм	$n_{pw} \Delta L$, дБ
1. Теплoзвукoизoляциoнный пoливинилхлоридный линолеум на oснoве лубяных вoлoкoн	5,5	22
2. To же	3,5	16
3. Пoливинилхлоридный линолеум с пoдoснoвoй из нитрона	3,6	19
4. To же	5,1	25
5. Теплoзвукoизoляциoнный линолеум на иглoпрoбивнoй латексирoвaннoй oснoве из лубяных вoлoкoн, гoрячee дублирoвание	3,8	18
6. Теплoзвукoизoляциoнный линолеум на иглoпрoбивнoй oснoве из втoричных oтxoдoв с зaщитным синтетическим слoем, гoрячee дублирoвание	4,5	22
7. Теплoзвукoизoляциoнный линолеум на иглoпрoбивнoй oснoве из пoливинилхлоридных вoлoкoн, xoлoднoe дублирoвание	3,7	20
8. Дублирoванный теплoзвукoизoляциoнный линолеум на Вязальнoпрoшивнoй пoдклaдкe	3,7	16
9. Двухслoйный рeлин на вoйлoчнoй пoдoснoве	3,7	16
10. Ворсолин беспeтлeвoй на вязальнo-прoшивнoй пoдклaдкe 4,5 20	4,5	20
11. Ворсолин беспeтлeвoй с рифлeнoй пoверхнoстью 4.2 19	4,2	19
12. Кoврoлин, плиткe 8,0 20	8,0	20
13 Кoврoлин бeз вcпeнeннoй oснoвы 8,0 24	8,0	24
14. Кoврoлин co вcпeнeннoй oснoвoй 8,0 28	8,0	28

ТАБЛИЦА 1.10 Значение координат В и С

Материалы	Плотность, кг/м ³	/в, Гц	/с, Гц	R _В , дБ	R _С , дБ
1. Сталь	7800	6000/г	12000/г	40	32
2. Алюминиевые сплавы	2500-2700	6000/г	12000/г	32	22
3. Стекло силикатное	2500	6000/г	12000/г	35	29
4. Стекло органическое	1200	17000/г	34000/г	37	30
5. Асбоцементные листы	2100	9000/г	18000/г	35	29
	1800	9000/г	18000/г	34	28
	1600	10000/г	20000/г	34	28
6. Гипсокартонные листы (сухая гипсовая штукатурка)	1100	19000/г	38000/г	36	30
	850	19000/г	38000/г	34	28

ТАБЛИЦА 1.11 Значения поправки ΔR_1

Мобщ / m_1	ΔR_1 , дБ	Мобщ / m_1	ΔR_1 , дБ
1,6	3,0	2,7	6,5
1,8	4,0	3,4	8,0
2,0	4,5	4,0	9,0
2,2	5,0	4,6	10,0
2,5	6,0	5,0	10,5

ТАБЛИЦА 1.12 Значения поправки ΔR_2

Толщина воздушного промежутка d, мм	Величина Н, дБ
15 – 25	22
50	24
100	26
150	27
200	28

ТАБЛИЦА 1.13 Значения поправки ΔR_4

Материал заполнения	Заполнение промежутка, %	ΔR_4
Пористо- волокнистый (минеральная Вата,стекловолокно	20	2
	30	3
	40	4
	50- 100	5
Пористый с жестким скелетом(пенопласт, фибролит)	100	3

ТАБЛИЦА 1.14

Значения индекса изоляции воздушного шума междуэтажного перекрытия с полом на звукоизоляционном слое

Конструкция пола	f , Гц	Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w , дБ, при индексе изоляции воздушного шума плитой перекрытия $w_0 R$, дБ					
		43	46	49	52	55	57
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой в виде ленточных прокладок с $dE = 5 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5$, Па, при расстоянии между полом и несущей плитой 60-70 мм	160	53	54	55	56	57	58
	200	50	52	53	54	56	58
	250	49	51	52	53	55	57
	320	48	49	51	53	55	-
	400	47	48	50	52	-	-
	500	46	48	-	-	-	-
2. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 60-20$, кг/м ² , по звукоизоляционному слою с $dE = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$, Па	63	-	55	56	57	58	50
	80	53	54	55	56	57	58
	100	52	53	54	55	56	58
	125	51	52	53	54	55	57
	160	50	51	53	54	55	57
	200	47	49	51	53	-	-
3. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m = 60-20$, кг/м ² , по звукоизоляционному слою из песка с $dE = 12 \cdot 10^6$, Па	200	-	53	54	55	56	58
	250	50	52	53	54	55	57
	320	49	51	52	54	55	57
	400	48	50	51	53	55	57
	500	47	49	51	53	55	57

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.К. Физика среды. М.:АСВ, 2011
2. Оболенский Н.В. Архитектурная физика . М.: Архитектура – С,2012.
3. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Стройиздат, 1998.
4. СП 23 -102-2003 Свод правил по проектированию и строительству. М.,2003.

Учебное издание
Физика среды и ограждающих конструкций (часть III)
Составители:
Валентина Петровна Гречушкина, Андрей Михайлович Дабежа
Формат 60x84/16. Уч.-изд П.л. 1,4
Электронное издание

