

**МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ)**

КАФЕДРА "АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА"

**ДИСЦИПЛИНА
"АРХИТЕКТУРНАЯ
ФИЗИКА"**

**Раздел
"АРХИТЕКТУРНАЯ
АКУСТИКА"**

**УЧЕБНО-
МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ
к курсовой
РАСЧЕТНО-
ГРАФИЧЕСКОЙ
РАБОТЕ**

**ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И
ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

КЛИМУХИН А. А.

МОСКВА • МАРХИ • 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт
(государственная академия)»

А.А. Климухин

**Звукоизоляция ограждающих
конструкций жилых и
общественных зданий**

*Учебно-методические указания к курсовой
расчетно-графической работе*

Москва
МАРХИ
2011

УДК 534.2
ББК 38.113
К 49

Климухин А.А.

Звукоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе / А.А. Климухин. — М.: МАРХИ, 2011. — 52 с.

Методические указания составлены на основе действующего документа – “Свода правил” СП23-103-2003 “Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий”, который является методическим дополнением к главе СНиП 23-03-2003 “Защита от шума”.

Указания предназначены для выполнения курсовых расчетно-графических работ по разделу “Архитектурная акустика” дисциплины “Архитектурная физика”. Они могут быть использованы также для выполнения соответствующего раздела дипломного архитектурного проекта бакалавра, специалиста или магистра архитектуры.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Архитектурная физика» (протокол № 3 от 4.10.2011г.).

Под общей редакцией зав. кафедрой, доктора арх., проф. Щепеткова Николая Ивановича

© МАРХИ, 2011
© Климухин А.А. 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	5
1. Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций.....	5
2. Методика определения индекса изоляции воздушного шума R_w , индекса приведенного уровня ударного шума L_{nw} , звукоизоляции наружных ограждений $R_{A..npx}$, дБА.....	11
3. Расчет звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий	17
4. Конструктивные решения, связанные с обеспечением надлежа- щей звукоизоляции строительных конструкций.....	45
5. Контрольные вопросы.....	50
6. Литература.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены на основе действующего документа – “Свода правил” СП23-103-2003 “Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий”, который является методическим дополнением к главе СНиП 23-03-2003 “Защита от шума”.

Указания предназначены для выполнения курсовых расчетно-графических работ по разделу “Архитектурная акустика” дисциплины “Архитектурная физика”. Они могут быть использованы также для выполнения соответствующего раздела дипломного архитектурного проекта бакалавра, специалиста или магистра архитектуры.

Защита помещений, где находятся люди, от шума, внешнего и внутреннего, воздушного и ударного, является важной проектно-расчетной и строительно-эксплуатационной задачей. Выбор типа конструкций и строительных материалов для внешних и внутренних стен, светопроемов, перегородок, междуэтажных перекрытий в любом проекте жилых и общественных зданий определяется расчетом и обусловлен в том числе и экологическими требованиями обеспечения комфортных акустических условий в помещениях. Неграмотные в акустическом отношении проектные решения, будучи реализованы, резко снижают качество создаваемой архитектурной среды и ведут к неизбежным дополнительным расходам по улучшению звукоизоляции ограждений. Профессионально полноценный архитектор должен иметь ясное представление о работе ограждающих конструкций как более или менее эффективных звукоизолирующих элементов в теле зданий, т.е. понимать принципы процесса погашения, изменения или усиления звука при прохождении его через среду, строительные материалы и структуры разной плотности, а также через различные проемы и зазоры.

Курсовая расчетно-графическая работа, контрольные задания по данному подразделу или соответствующий раздел дипломного проекта выполняются по индивидуальному заданию преподавателя.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Последним нормативно-инструктивным документом по проектированию звукоизоляции является свод правил СП23-103-2003, опубликованный в 2004 году.

Настоящие методические указания базируются на этом документе.

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. 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, и индексы приведенного уровня ударного шума L_{nv} , дБ (для перекрытий).

Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, остеклений) является звукоизоляция $R_{A \text{ тран}}$, дБА, представляющая собой изоляцию от внешнего шума, производимого потоком городского транспорта.

1.2. Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w и индексов приведенного уровня ударного шума L_{nv} для жилых, общественных зданий, а также для вспомогательных зданий производственных предприятий приведены в таблице 1 для категорий зданий А, Б и В:

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

Категория здания определяется техническим заданием на проектирование.

Таблица 1.

№ п.п.	Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w дБ	L_{rw} дБ
1	ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ 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 ¹ 58 ¹ 60 ¹
2	Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами: в домах категории А в домах категорий Б и В	59 57	55 45 ² 58 ¹ 48 ²
3	Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях: в домах категории А в домах категории Б в домах категории В	47 45 43	63 66 68
4	Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	50	60
5	Перекрытия, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли и пр.)	47	65 ¹
6	Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами: в домах категории А в домах категорий Б и В	62 60	55 45 ² 58 48 ²
7	Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами: в домах категории А в домах категорий Б и В	52 50	58 ² 60 ²
8	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	- - -
9	Стены между помещениями квартир и магазинами: в домах категории А в домах категорий Б и В	59 57	- -
10	Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в одной квартире: в домах категории А в домах категорий Б и В	43 41	- -
11	Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	-
12	Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	-
13	Стены и перегородки, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли, лестничные клетки)	47	-

Продолжение таблицы 1.

№ п.п.	Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w дБ	L_{mv} дБ
14	Входные двери квартир: в домах категории А в домах категории Б в домах категории В	34 32 30	- - -
15	ГОСТИНИЦЫ Перекрытия между номерами: категории А категории Б категории В	52 50 48	57 60 62
16	Перекрытия, отделяющие номера от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты): категории А категорий Б и В	54 52	55 50 ² 58 53 ²
17	Перекрытия, отделяющие номера от помещений ресторанов, кафе: категории А категорий Б и В	62 59	57 45 ² 60 48 ²
18	Стены и перегородки между номерами: категории А категории Б категории В	52 50 48	- - -
19	Стены и перегородки, отделяющие номера от помещений общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, холлы, буфеты): категории А категорий Б и В	54 52	- -
20	Стены и перегородки, отделяющие номера от ресторанов, кафе: категории А категорий Б и В	62 59	- -
21	АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ, ОФИСЫ Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы): категории А категорий Б и В	52 50	63 ² 66 ²
22	Перекрытия, отделяющие рабочие комнаты, кабинеты от помещений с источниками шума (машбюро, телетайпные и т.п.): категории А категорий Б и В	54 52	60 ² 63 ²
23	Стены и перегородки между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат: категории А категорий Б и В	51 49	- -

Продолжение таблицы 1.

№ п.п.	Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w дБ	L_{mv} дБ
24	Стены и перегородки, отделяющие рабочие комнаты от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты) и от помещений с источниками шума (машбюро, телетайпные и т.п.): категории А категорий Б и В	50 48	- -
25	Стены и перегородки, отделяющие кабинеты от помещений общего пользования и шумных помещений: категории А категорий Б и В	54 52	- -
26	БОЛЬНИЦЫ И САНАТОРИИ Перекрытия между палатами, кабинетами врачей	47	60
27	Перекрытия между операционными и отделяющие операционные от палат и кабинетов	57	60
28	Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	52	63
29	Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от столовых, кухонь	57	50 ²
30	Стены и перегородки между палатами, кабинетами врачей	47	-
31	Стены и перегородки между операционными и отделяющие операционные от других помещений. Стены и перегородки, отделяющие палаты и кабинеты от столовых и кухонь.	57	-
32	Стены и перегородки, отделяющие палаты и кабинеты от помещений общего пользования	52	-
33	УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ Перекрытия между классами, кабинетами, аудиторными и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы).	47	63
34	Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	57	58
35	Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	60	53
36	Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	47	-
37	Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	57	-
38	Стены и перегородки между музыкальными классами высших учебных заведений	60	-
39	ДЕТСКИЕ ДОШКОЛЬНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	47	63
40	Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	63 ²
41	Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами.	47	-
42	Стены и перегородки, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	-
¹ Требования предъявляются также к передаче ударного шума в жилые помещения квартир при ударном воздействии на пол помещения смежной квартиры (в том числе и находящейся на том же этаже или по диагонали).			
² Требования предъявляются к передаче ударного шума в защищаемое от шума помещение при			

ударном воздействии на пол помещения, являющегося источником шума.

Нормативные значения $R_{A..трн}$, для жилых комнат, номеров гостиниц, общежитий, кабинетов и рабочих комнат административных зданий, палат больниц, кабинетов врачей площадью до 25 м² приведены в таблице 2 в зависимости от расчетного уровня транспортного шума у фасада здания. Для промежуточных значений расчетных уровней требуемую величину $R_{A..трн}$, следует определять интерполяцией.

Таблица 2. – Нормативные требования к звукоизоляции окон

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

1.3. Требуемую звукоизоляцию ограждающих конструкций, отделяющих защищаемые от шума помещения от помещений с источниками шума, нехарактерными для помещений, перечисленных в таблице 1 (трансформаторные, венткамеры, ИТП), следует определять в виде изоляции воздушного шума R_{np} , дБ, в октавных полосах частот нормируемого диапазона.

1.4. Требуемую изоляцию воздушного шума R_{np} , дБ, в октавных полосах частот ограждающей конструкции, через которую проникает шум, следует определять при распространении шума в помещение, защищаемое от шума, из смежного помещения с источниками шума, а также с прилегающей территории по формуле

$$R_{np} = L_{ui} - 10 \lg B_u + 10 \lg S - 10 \lg k - L_{дон}$$

(1)

где L_{ui} - октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума на расстоянии 2 м от разделяющего помещения ограждения, дБ;

B_u - акустическая постоянная изолируемого помещения, м²;

S - площадь разделяющего ограждения, м²;

$L_{\alpha n}$ - допустимый октавный уровень звукового давления, дБ;

k - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля, принимается по таблице 3 в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения α_p в изолируемом помещении.

Таблица 3.

α_p	k	$10 \lg k$, дБ
0,2	1,25	1,0
0,4	1,6	2,0
0,5	2,0	3,0
0,6	2,5	4,0

В случаях, когда ограждающая конструкция состоит из нескольких частей с различной звукоизоляцией (стена с окном и дверью), определенные по формуле (1) величины относятся к общей величине звукоизоляции $R_{\alpha \alpha i . np}$ данной составной ограждающей конструкции. Требуемую звукоизоляцию отдельных составляющих частей данного ограждения $R_{i . np}$ следует определять по формуле

$$R_{i . np} = R_{\alpha \alpha i . np} + 10 \lg n, \quad \text{дБ}, \quad (2)$$

где n - общее количество элементов ограждающей конструкции с различной звукоизоляцией.

Если ограждающая конструкция состоит из двух частей с сильно различающейся звукоизоляцией ($R_1 \gg R_2$), то требуемую звукоизоляцию допускается определять только для слабой части ограждающей конструкции по формуле (1), подставляя $R_{np.2}$ вместо R_{np} и S_2 вместо S .

1.5. Требуемую звукоизоляцию наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, остекленных витражей) $R_{A . np . n}$ помещений площадью более 25 м², а также помещений, не указанных в таблице 2, в зданиях, расположенных вблизи транспортных магистралей, следует определять по формуле

$$(3) \quad R_{A..нршн.}^{np.} = L_{A..2м} - L_{A..дон.} + 10 \lg S_o - 10 \lg B_u - 10 \lg k, \quad \text{дБА}$$

$L_{A..2м}$ - эквивалентный (максимальный) уровень звука снаружи в 2 м от ограждения, дБА;

$L_{A..дон.}$ - допустимый эквивалентный (максимальный) уровень звука в помещении, дБА;

S_o - площадь окна (всех окон, обращенных в сторону источника шума), м²;

B_u и k - то же, что и в формуле (1).

Требуемую звукоизоляцию $R_{A..нршн.}$ следует определять из расчета обеспечения допустимых значений проникающего шума как по эквивалентному, так и по максимальному уровню, т.е. из двух величин $R_{A..нршн.}^{np.}$, принимается большая.

1.6. Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций должен проводиться при разработке новых конструктивных решений ограждений, применении новых строительных материалов и изделий. Окончательная оценка звукоизоляции таких конструкций должна проводиться на основании натурных испытаний по ГОСТ 27296—87.

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА R_w , ИНДЕКСА ПРИВЕДЕННОГО УРОВНЯ УДАРНОГО ШУМА L_{nw} , ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ $R_{A..нршн.}$, дБА.

2.1. 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 4, п. 1.

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.

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 указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой 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.

2.2. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{mv} для перекрытия с известной частотной характеристикой приведенного уровня ударного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой, приведенной в таблице 4, п. 2.

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

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса L_{mv} составляет 60 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой не превышала указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вниз (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

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

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

Для определения величины звукоизоляции окна $R_{A..нршн}$ (по известной частотной характеристике изоляции воздушного шума) необходимо в каждой третьоктавной полосе частот из уровня эталонного спектра L_i вычесть величину изоляции воздушного шума R_i данной конструкцией окна. Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

Величина звукоизоляции окна $R_{A..нршн}$ определяется по формуле

$$R_{A..нршн} = 75 - 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)}, \quad \text{дБА}, \quad (4)$$

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

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

Результат вычисления округляется до целого значения, дБА.

Пример 1. Определить индекс изоляции воздушного шума R_w перегородкой из тяжелого бетона $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ толщиной 100 мм, расчетная частотная характеристика которой приведена в таблице 5 (п. 1) – рис. 1А.

Расчет проводится по форме таблицы 5. Вносим в таблицу значения R оценочной кривой и находим неблагоприятные отклонения расчетной частотной характеристики от оценочной кривой (п. 3). Сумма неблагоприятных отклонений составила 105 дБ, что значительно больше 32 дБ. Смещаем оценочную кривую вниз на 7 дБ и находим сумму неблагоприятных отклонений уже от смещенной оценочной кривой. На этот раз она составляет 28 дБ, что менее 32 дБ. За величину индекса изоляции воздушного шума принимаем значение смещенной оценочной кривой в 1/3-октавной полосе 500 Гц, т.е. $R_w = 45 \text{ дБ}$.

Пример 2. Определить индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , для перекрытий, частотная характеристика которого приведена в таблице 6 (п. 1).

Расчет проводится по форме таблицы 6. Вносим в таблицу значения L_n оценочной кривой и находим неблагоприятные отклонения частотной характеристики приведенного уровня ударного шума от оценочной кривой (п. 3). Сумма неблагоприятных отклонений составила 7 дБ, что значительно меньше 32 дБ. Смещаем оценочную кривую вниз на 4 дБ и находим неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой. Сумма

неблагоприятных отклонений в этом случае составила 31 дБ, что меньше 32 дБ. За величину индекса приведенного уровня ударного шума принимаем значение смещенной кривой в 1/3-октавной полосе 500 Гц, т.е. $L_{mv} = 56$ дБ.

Пример 3. Определить звукоизоляцию окна $R_{A..тpиn}$ (изоляцию воздушного шума, создаваемого потоком городского транспорта). Частотная характеристика изоляции воздушного шума данной конструкцией окна (окно из ПВХ профиля с распашными створками, остеклено двухкамерным стеклопакетом 4 — 12 — 4 — 12 — 4 мм, в притворе два контура уплотняющих прокладок) по представленным фирмой-изготовителем результатам лабораторных испытаний приведена в таблице 7 (п. 2) – рис. 1А.

Расчет проводится по форме таблицы 7. Находим разность между уровнями звукового давления эталонного спектра $L_{.i}$ (п.1) и значениями изоляции воздушного шума данной конструкцией $R_{.i}$ (п. 2), получаем величины уровней звукового давления условно «прошедшего» через окно шума (п. 3).

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

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

Звукоизоляция данного окна (применительно к шуму потока городского транспорта)

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

Таблица 4

№ п.п.	Параметры	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Изоляция воздушного шума R_n , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
2	Приведенный уровень ударного шума L_{up} , дБ	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
3	Скорректированный уровень звукового давления эталонного спектра L_n , дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Таблица 5

№ п.п.	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Расчетная частотная характеристика R_v , 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 смещенной оценочной кривой, дБ	—	—	—	—	2	5	6	5	4	3	2	1	—	—	—	—
6	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ	45															

Таблица 6

№ п.п.	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Приведенный уровень ударного шума $L_{\text{уд}}$, дБ	59	60	65	65	63	62	60	58	54	50	46	43	43	41	37	33
2	Оценочная кривая, дБ	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
3	Неблагоприятные отклонения, дБ	—	—	3	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Оценочная кривая, смещенная вниз на 4 дБ	58	58	58	58	58	58	57	56	55	54	53	50	47	44	41	38
5	Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой, дБ	1	2	7	7	5	4	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Индекс приведенного уровня ударного шума $L_{\text{ув}}$, дБ	56															

Таблица 7

№ п.п.	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Уровни звукового давления эталонного спектра (скорректированные по «А») L_i , дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60
2	Изоляция воздушного шума окном R_i , дБ	23	24	22	21	25	28	29	31	34	36	38	38	39	39	37	35
3	Разность $L_i - R_i$, дБ	32	31	35	38	35	33	33	32	30	30	29	28	26	25	25	25

3. РАСЧЕТ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ВНУТРЕННИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.

3.1. Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями, а также двухслойными глухими остеклениями и перегородками, выполненными в виде двух облицовок по каркасу с воздушным промежутком, следует определять на основании рассчитанной частотной характеристики изоляции воздушного шума. Индекс изоляции воздушного шума перекрытиями с полом по упругому основанию и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытиями определяются непосредственно (без построения расчетных частотных характеристик).

3.2. Частотную характеристику изоляции воздушного шума однослойной плоской ограждающей конструкцией сплошного сечения с поверхностной плотностью от 100 до 800 кг/м² из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рисунке 1.

Абсциссу точки В - f_B следует определять по таблице 8 в зависимости от толщины и плотности материала конструкции. Значение f_B следует округлять до среднегеометрической частоты, в пределах которой находится f_B . Границы третьоктавных полос приведены в таблице 9.

Ординату точки В — R_B следует определять в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности m_s , по формуле

$$R_B = 20 \lg m_s - 12, \quad \text{дБ}$$

(5)

Таблица 8.

Плотность бетона γ , кг/м ³	f_B , Гц
≥ 1800	29000/h
1600	31000/h
1400	33000/h
1200	35000/h
1000	37000/h
800	39000/h
600	40000/h
Примечания	
1. h – толщина ограждения, мм.	
2. Для промежуточных значений γ частота f_B определяется интерполяцией.	

R , дБ

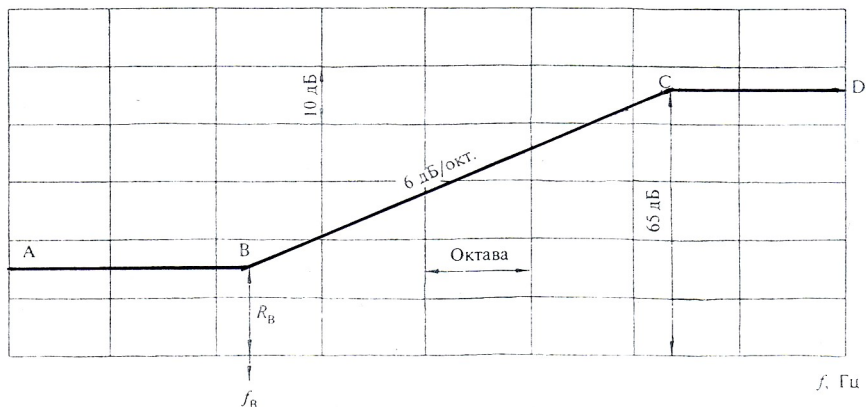


Рисунок 1 — Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

Таблица 9.

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

Эквивалентная поверхностная плотность m_z определяется по формуле

$$m_z = K \cdot m, \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

где m - поверхностная плотность, кг/м² (для ребристых конструкций принимается без учета ребер);

K - коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетонов на легких заполнителях, поризованных

бетонов и т.п. по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью.

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

Для сплошных ограждающих конструкций из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов; кладки из кирпича и пустотелых керамических блоков коэффициент K определяется по таблице 10.

Таблица 10.

Вид материала	Класс	Плотность, кг/м ³	K
1	2	3	4
Керамзитобетон	В 7,5	1500-1550	1,1
		1300-1450	1,2
		1200	1,3
		1100	1,4
	В 12,5 – В 15	1700-1750	1,1
		1500-1650	1,2
		1350-1450	1,3
		1250	1,4
Перлитобетон	В 7,5	1400-1450	1,2
		1300-1350	1,3
		1100-1200	1,4
		950-1000	1,5
Аглопоритобетон	В 7,5	1300	1,1
		1100-1200	1,2
		950-1000	1,3
		1500-1800	1,2
Шлакопемзобетон	В 7,5	1600—1700	1,2
	В 12,5	1700-1800	1,2
Газобетон, пенобетон, газосиликат	В 5,0	1000	1,5
		800	1,6
		600	1,7
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	1300	1,3
		1200	1,4
		1000	1,5
		800	1,6

Для ограждений из бетона плотностью 1800 кг/м^3 и более с круглыми пустотами коэффициент K определяется по формуле:

$$K = 1,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{j}{b \cdot h_{np}^3}}, \quad (7)$$

где j - момент инерции сечения, м⁴;

b - ширина сечения, м;

$h_{пр}$ - приведенная толщина сечения, м.

Для ограждающих конструкций из легких бетонов с круглыми пустотами коэффициент K принимается как произведение коэффициентов, определенных отдельно для сплошных конструкций из легких бетонов и конструкций с круглыми пустотами.

Значения звукоизоляции R следует округлять до 0,5 дБ.

Построение частотной характеристики звукоизоляции производится в следующей последовательности:

из точки В влево проводится горизонтальный отрезок ВА, а вправо от точки В проводится отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву до точки С с ординатой $R_C = 65$ дБ; из точки С вправо проводится горизонтальный отрезок CD.

Если точка С лежит за пределами нормируемого диапазона частот ($f_C > 3150$ Гц), отрезок CD отсутствует.

Пример 4. Построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой из керамзитобетона класса В 7,5, плотностью 1400 кг/м^3 и толщиной 120 мм (см. рис. 1А).

Находим частоту, соответствующую точке В, по таблице 8. при $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$ она составит

$$f_B = 33000 / 120 = 275 \approx 250 \text{ Гц.}$$

Округляем до средней частоты третьоктавной полосы в пределах которой находится f_B .

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

По таблице 10 находим коэффициент $K = 1,2$, таким образом эквивалентная поверхностная плотность перегородки составит $m_s = 168 \cdot 1,2 = 201,6 \text{ кг/м}^2$.

Звукоизоляция в точке В составляет $R_B = 20 \lg 201,6 - 12 = 34$ дБ.

Из т. В влево проводим горизонтальный отрезок ВА, вправо от т. В – отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву, точка С лежит вне нормируемого диапазона частот (рис. 2.). В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума составляет:

f Гц	10 0	12 5	16 0	20 0	25 0	31 5	40 0	50 0	63 0	80 0	100 0	125 0	1600
R , дБ	34	34	34	34	34	36	38	40	42	44	46	48	50
f Гц	2000		2500		3150								
R	52		54		56								

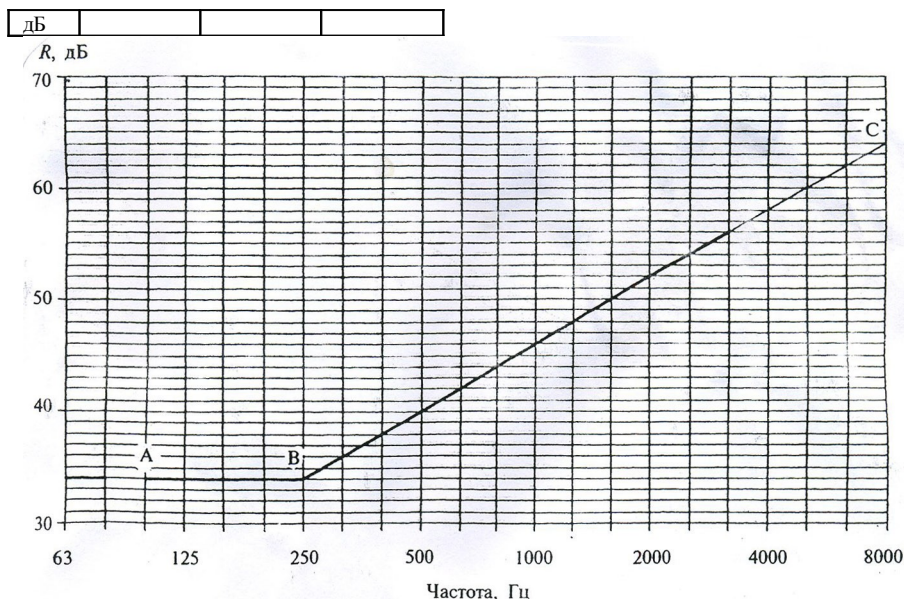


Рисунок 2 — Расчетная частотная характеристика к примеру 4.

Пример 5. Построить частотную характеристику изоляции воздушного шума несущей частью перекрытия из многопустотных плит толщиной 220 мм и приведенной толщиной 120 мм, выполненных из тяжелого бетона плотностью $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ (см. рис. 2А).

Для определения коэффициента K необходимо вычислить момент инерции сечения J .

Многопустотная плита шириной 1,2м имеет 6 круглых пустот диаметром 0,16м, расположенных посредине сечения. Момент инерции находим как разность моментов инерции прямоугольного сечения

$$\left(j = \frac{b \cdot h^3}{12} \right) \text{ и шести круглых пустот } \left(j = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \right):$$

$$j = \frac{1,2 \cdot 0,22^3}{12} - \frac{6\pi \cdot 0,16^4}{64} = 8,67 \cdot 10^{-4}$$

Определяем коэффициент K по формуле 7.

$$K = 1,5^4 \sqrt{\frac{8,67 \cdot 10^{-4}}{1,2 \cdot 0,12^3}} = 1,2$$

Средняя плотность плиты (с учетом пустотности) составляет 1364 кг/м^3 .

По таблице 8 определяем частоту точки В:

$$f_B = 33000 / 220 = 150 \approx 160 \text{ Гц.}$$

Округляем до частоты третьоктавной полосы, в пределах которой находится f_B . Определяем эквивалентную поверхностную плотность конструкции $m_s = 1,2 \cdot 2500 \cdot 0,12 = 360 \text{ кг/м}^2$.

Находим ординату точки В:

$$R_B = 20 \lg m_s - 12 = 20 \lg 360 - 12 = 39,1 \approx 39 \text{ дБ.}$$

Из т. В влево проводим горизонтальный отрезок ВА, вправо от т. В – отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву. Точка С попадает на последнюю третьоктавную полосу нормируемого частотного диапазона.

В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума составляет:

f Гц	10 0	12 5	16 0	20 0	25 0	31 5	40 0	50 0	63 0	80 0	100 0	125 0	1600
R дБ	39	39	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59
f Гц	2000		2500		3150								
R дБ	61		63		65								

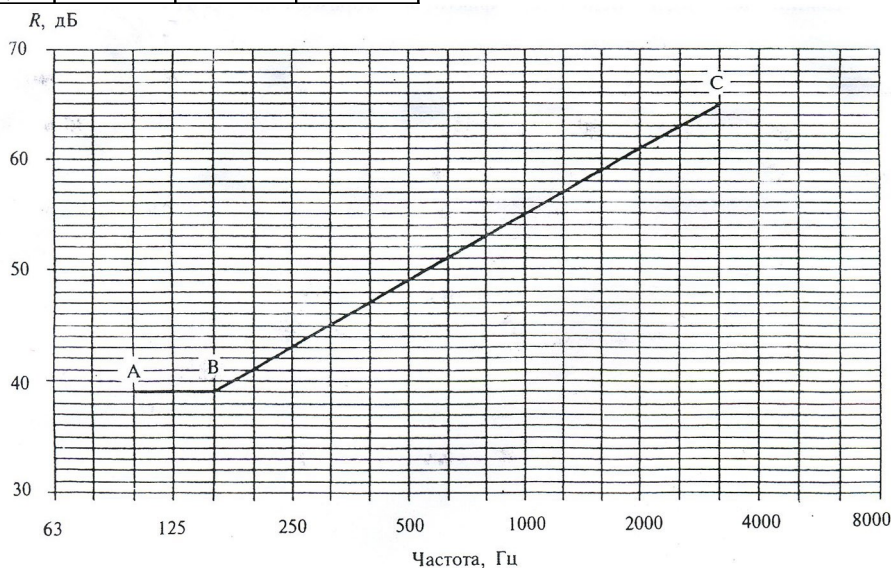


Рисунок 3 — Расчетная частотная характеристика к примеру 5.

3.3. Расчеты изложенные в **3.2.** дают достоверные результаты при отношении толщины разделяющего ограждения (подлежащего расчету) к средней толщине примыкающих к нему ограждений в пределах

$$0,5 < h / h_{\text{прим}} < 1,5$$

При других отношениях толщин необходимо учитывать изменение звукоизоляции ΔR за счет увеличения или уменьшения косвенной передачи звука через примыкающие конструкции.

Для крупнопанельных зданий, в которых ограждающие конструкции выполнены из бетона, железобетона, бетона на легких заполнителях, поправка ΔR имеет следующие значения:

$$\text{при } 0,3 < h / h_{\text{прим}} < 0,5 \quad \Delta R = + 1 \text{ дБ};$$

$$\text{при } 1,5 < h / h_{\text{прим}} < 2 \quad \Delta R = - 1 \text{ дБ};$$

$$\text{при } 2 < h / h_{\text{прим}} < 3 \quad \Delta R = - 2 \text{ дБ}.$$

Для зданий из монолитного бетона величина ΔR должна быть уменьшена на 1 дБ.

В каркасно-панельных зданиях, где элементы каркаса (колонны и ригели) выполняют роль виброзадерживающих масс в стыках панелей, вводится дополнительно поправка к результатам расчета $\Delta R = + 2$ дБ.

3.4. Частотную характеристику изоляции воздушною шума однослойной плоской тонкой ограждающей конструкцией из металла, стекла, асбоцементного листа, гипсокартонных листов и тому подобных материалов следует определять графическим способом, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рисунке 4.

Координаты точек В и С следует определять по таблице 11, при этом значения f_B и f_C округляются до ближайшей среднегеометрической частоты 1/3-октавной полосы. Наклон участка АВ (рисунок 4) следует принимать 4,5 дБ на октаву, участка CD – 7,5 дБ на октаву.

R , дБ

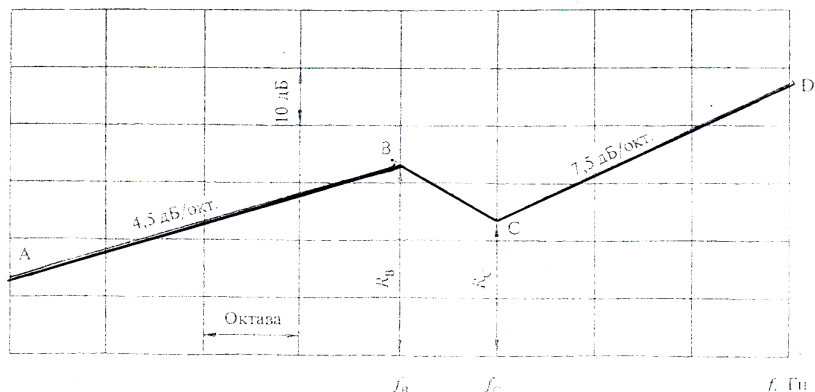


Рисунок 4 — Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским тонким ограждением

Таблица 11.

Материалы	Плотность, кг/м ³	f_B , Гц	f_C , Гц	R_B , дБ	R_C , дБ
1	2	3	4	5	6
1. Сталь	7800	6000/ h	12000/ h	40	32
2. Алюминиевые сплавы	2500—2700	6000/ h	12000/ h	32	22
3. Стекло силикатное	2500	6000/ h	12000/ h	35	29
4. Стекло органическое	1200	17000/ h	34000/ h	37	30
5. Асбоцементные листы	2100 1800 1600	9000/ h 9000/ h 10000/ h	18000/ h 18000/ h 20000/ h	35 34 34	29 28 28
6. Гипсокартонные листы (сухая гипсовая штукатурка)	1100 850	19000/ h 19000/ h	38000/ h 38000/ h	36 34	30 28
7. Древесно-стружечная плита (ДСП)	850 650	13000/ h 13500/ h	26000/ h 27000/ h	32 30,5	27 26
8. Твердая древесно-волоконистая плита (ДВП)	1100	19000/ h	38000/ h	35	29
Примечание — h — толщина, мм.					

Пример 6. Требуется определить изоляцию воздушного шума глухим металлическим витражом, остекленным одним силикатным стеклом толщиной 6 мм (см. рис. 1Б).

Находим по таблице 11 координаты точек В и С:

$$f_B = 6000 / 6 = 1000 \text{ Гц}, \quad f_C = 12000 / 6 = 2000 \text{ Гц},$$

$R_B = 35 \text{ дБ}$, $R_C = 29 \text{ дБ}$. Строим частотную характеристику в соответствии со схемой на рисунке 4. Из точки В проводим влево отрезок ВА с наклоном 4,5 дБ на октаву, из точки С вправо – отрезок CD с наклоном 7,5 дБ на октаву (рисунок 5).

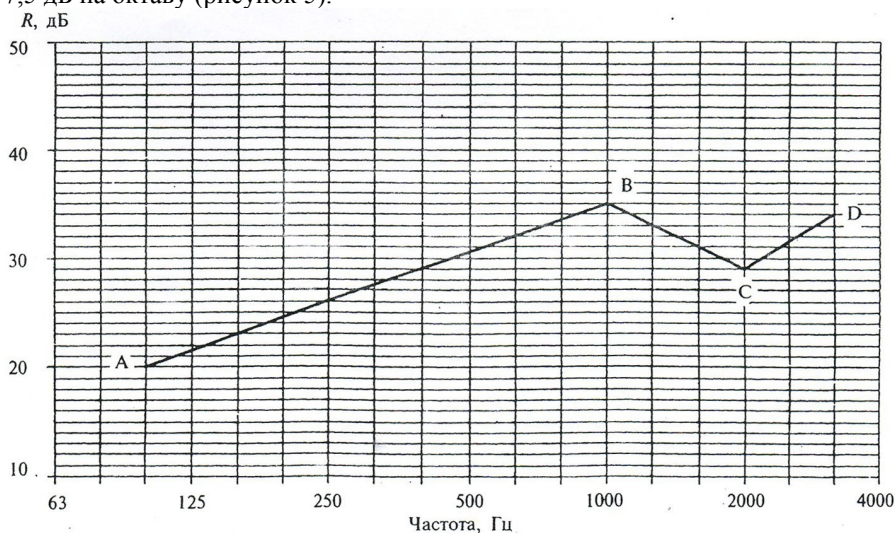


Рисунок 5 — Расчетная частотная характеристика к примеру 6.

В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума составляет:

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

3.5. Частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией, состоящей из двух тонких листов с воздушным промежутком между ними (двойные глухие остекления, перегородки в виде двух обшивок из одинарных листов сухой гипсовой штукатурки, металла и т.п. по каркасу из тонкостенного металлического или асбоцементного профиля, деревянных брусков), при одинаковой толщине листов строится в следующей последовательности:

а) строится частотная характеристика изоляции воздушного шума одной обшивкой по 3.4. – вспомогательная линия ABCD на рисунке 6. Затем строится вспомогательная линия $A_1B_1C_1D_1$ путем прибавления к ординатам линии ABCD поправки ΔR_1 на увеличение поверхностной плотности по таблице 12 (в данном случае 4,5 дБ). Каркас при этом не учитывается;

Таблица 12.

$m_{\text{ош}} / m_1$	ΔR_1 , дБ	$m_{\text{ош}} / m_1$	ΔR_1 , дБ
1,4	2,0	2,7	6,5
1,5	2,5	2,9	7,0
1,6	3,0	3,1	7,5
1,7	3,5	3,4	8,0
1,8	4,0	3,7	8,5
2,0	4,5	4,0	9,0
2,2	5,0	4,3	9,5
2,3	5,5	4,6	10,0
2,5	6,0	5,0	10,5

R , дБ

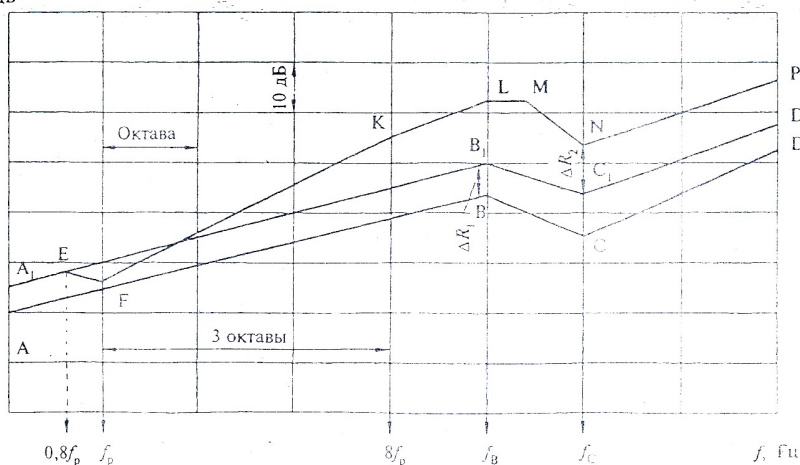


Рисунок 6 — Частотная характеристика изоляции воздушного шума конструкцией, состоящей из двух листов с воздушным промежутком между ними при одинаковой толщине листов.

б) определяется частота резонанса конструкции по формуле

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{d \cdot m_1 \cdot m_2}}, \quad \text{Гц},$$

(9)

где m_1 и m_2 – поверхностные плотности обшивок, кг/м² (в данном случае $m_1 = m_2$);

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{2}{d \cdot m}}, \quad \text{Гц},$$

(10)

d – толщина воздушного промежутка, м.

Значение частоты f_p округляется до ближайшей среднегеометрической частоты 1/3 -октавной полосы. До частоты $0,8 f_p$ включительно частотная характеристика звукоизоляции конструкции совпадает со вспомогательной линией $A_1B_1C_1D_1$ (точка Е рисунка 6). На частоте f_p звукоизоляция принимается на 4 дБ ниже линии $A_1B_1C_1D_1$ (точка F, рисунок 6);

в) на частоте $8 f_p$ (три октавы выше частоты резонанса) находится точка К с ординатой $R_K = R_F + H$, которая соединяется с точкой F. Величина H определяется по таблице 13 в зависимости от толщины воздушного промежутка. От точки К проводится отрезок KL с наклоном 4,5 дБ на октаву до частоты f_B (параллельно вспомогательной линии $A_1B_1C_1D_1$).

Таблица 13.

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

Превышение отрезка KL над вспомогательной кривой $A_1B_1C_1D_1$ представляет собой поправку на влияние воздушного промежутка ΔR_2 (в диапазоне выше $8 f_p$). В том случае когда $f_B = 8 f_p$, точки К и L

сливаются в одну. Если $f_B < 8 f_P$, отрезок FK проводится только до точки L, соответствующей частоте f_B . Точка К в этом случае лежит вне расчетной частотной характеристика и является вспомогательной;

г) от точки L до частоты $1,25 f_B$ (до следующей 1/3-октавной полосы) проводится горизонтальный отрезок LM. На частоте f_C находится точка N путем прибавления к значению вспомогательной линии $A_1B_1C_1D_1$ поправки ΔR_2 (т.е. $R_N = R_{C1} + \Delta R_2$) и соединяется с точкой M. Далее проводится отрезок NP с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Ломаная линия $A_1EFKLMNP$ представляет собой частотную характеристику изоляции воздушного шума рассматриваемой конструкции.

Пример 7. Требуется построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой, выполненной из двух гипсокартонных листов (сухой гипсовой штукатурки) толщиной 14 мм, $\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$ по деревянному каркасу. Воздушный промежуток имеет толщину 100 мм (см. рис. 1Б).

Строим частотную характеристику звукоизоляции для одного гипсокартонного листа в соответствии с 3.5. Координаты точек В и С определяем по таблице 11:

$$f_B = 19000 / 14 = 1357 \approx 1250 \text{ Гц}; \quad R_B = 34 \text{ дБ};$$

$$f_C = 38000 / 14 = 2714 \approx 2500 \text{ Гц}; \quad R_C = 28 \text{ дБ}.$$

Строим вспомогательную линию ABCD, с учетом поправки ΔR_1 , по таблице 12, равной 4,5 дБ, строим вспомогательную линию $A_1B_1C_1D_1$ на 4,5 дБ выше линии ABCD (рисунок 7).

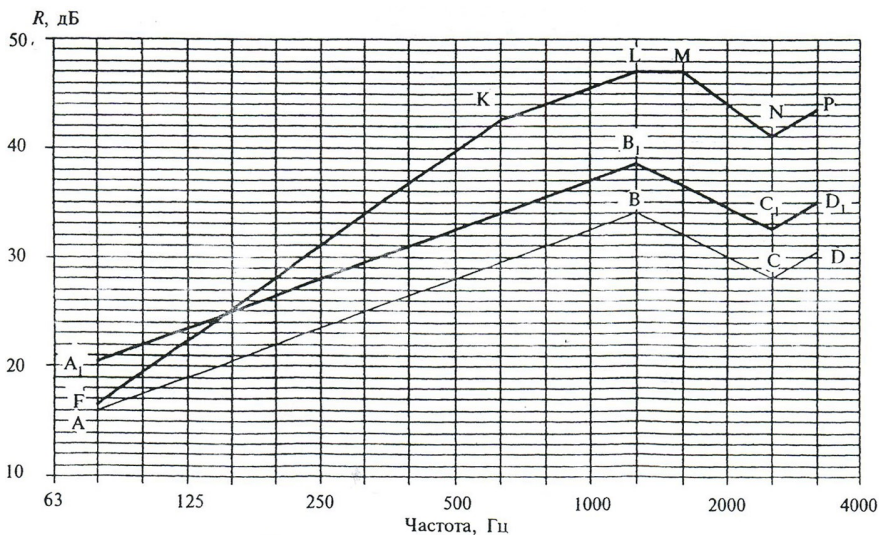


Рисунок 7 — Расчетная частотная характеристика к примеру 7.

Определяем частоту резонанса по формуле (9). Поверхностная плотность листа СГШ $m = \gamma \cdot h = 850 \cdot 0,014 = 11,9 \text{ кг/м}^2$.

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{11,9 + 11,9}{0,1 \cdot 11,9 \cdot 11,9}} = 77,8 \approx 80 \text{ Гц}$$

На частоте 80 Гц находим точку F на 4 дБ ниже соответствующей ординаты линии $A_1B_1C_1D_1$, $R_F = 16,5 \text{ дБ}$.

На частоте $8 f_p$, (630 Гц) находим точку K с ординатой $R_K = R_F + N = 16,5 + 26 = 42,5 \text{ дБ}$ ($N = 26 \text{ дБ}$ по таблице 13). От точки K проводим отрезок KL до частоты $f_B = 1250 \text{ Гц}$ с наклоном 4,5 дБ на октаву, $R_L = 47 \text{ дБ}$. Превышение отрезка KL над вспомогательной линией $A_1B_1C_1D_1$ дает нам величину поправки $\Delta R_2 = 8,5 \text{ дБ}$.

От точки L проводим вправо горизонтальный отрезок LM на одну 1/3-октавную полосу. На частоте $f_C = 2500 \text{ Гц}$ строим точку N — $R_N = R_{C1} + \Delta R_2 = 32,5 + 8,5 = 41 \text{ дБ}$. От точки N проводим отрезок NP с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Линия FKLMP представляет собой частотную характеристику изоляции воздушного шума данной перегородкой. В нормируемом диапазоне частот звукоизоляция составляет:

f Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

R, дБ	19, 5	22, 5	25	28	31	34	36, 5	39, 5	42, 5	44	45,5	47	47
f , Гц	2000		2500		3150								
R, дБ	44		41		43,5								

3.6. В тех случаях, когда перегородка имеет конструкцию, описанную в 3.5, но одна или обе ее обшивки состоят из двух не склеенных между собой листов, ее частотная характеристика изоляции воздушного шума строится в соответствии с 3.5, но с учетом увеличения поверхностных плотностей m_1 , m_2 и $m_{\text{общ}}$.

3.7. Частотная характеристика изоляции воздушного шума каркасно-обшивной перегородкой, выполненной из одного из указанных в 3.5 материалов, при различной толщине листов обшивки (соотношение толщин не более 2,5), а также двойного глухого остекления при различной толщине стекол строится в следующей последовательности.

Строится частотная характеристика изоляции воздушного шума одним листом (большей толщины) по 3.5 - линия ABCD (рисунок 8). Определяется частота f_{C2} для листа обшивки меньшей толщины. Строится вспомогательная линия A_1B_1 до частоты f_B путем прибавления к значениям звукоизоляции первого (более толстого) листа поправки ΔR_1 , на увеличение поверхностной плотности ограждения по таблице 12 - ΔR_1 . Между частотами f_{B1} и f_{C2} проводятся горизонтальный отрезок B_1C_1 , и далее отрезок C_1D_1 с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Определяется частота резонанса конструкции f_p по формуле (9). До частоты $0,8 f_p$ включительно частотная характеристика изоляции воздушного шума конструкцией совпадает со вспомогательной линией A_1B_1 . На частоте f_p звукоизоляция принимается на 4 дБ ниже вспомогательной линии A_1B_1 (точка F, рисунок 8).

На частоте $8 f_p$ находится точка К с ординатой $R_{\text{л}} = R_F + H$, где H – величина, определяемая по таблице 13 в зависимости от толщины воздушного промежутка.

От точки К частотная характеристика строится параллельно вспомогательной линии $A_1B_1C_1D_1$, т.е. проводятся отрезок KL с наклоном 4,5 дБ на октаву до частоты f_{B1} , а затем горизонтальный отрезок LM до частоты f_{C2} далее отрезок MN с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Если частота $f_B < 8 f_P$, отрезок FK проводится только до точки L, соответствующей частоте f_B . Точка К в этом случае лежит вне частотной характеристики и является вспомогательной.

Ломаная линия A₁EFKLMN представляет собой частотную характеристику изоляции воздушного шума рассматриваемой конструкцией.

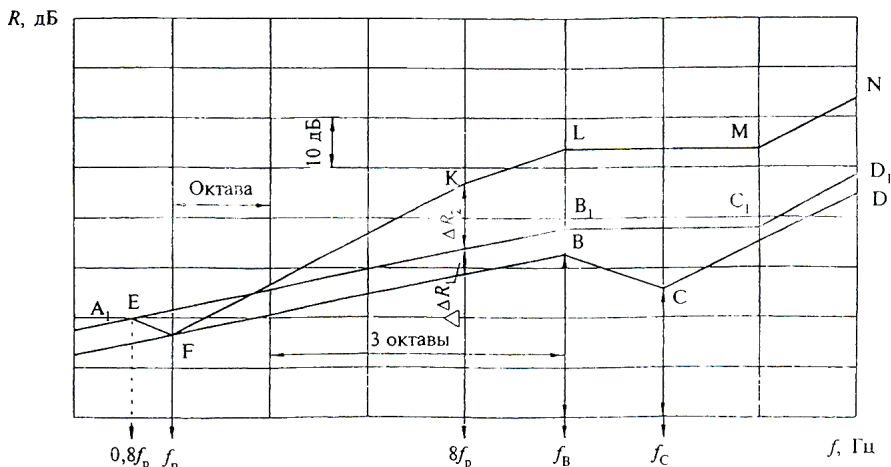


Рисунок 8 — Частотная характеристика изоляции воздушного шума конструкцией, состоящей из двух листов с воздушным промежутком между ними при разной толщине листов.

3.8. Частотная характеристика изоляции воздушного шума каркасно-обшивной перегородкой из одного из указанных в 3.5 материалов при заполнении воздушного промежутка пористым или пористо-волокнистым материалом строится в следующей последовательности.

Строится частотная характеристика звукоизоляции с незаполненным воздушным промежутком в соответствии с 3.5, 3.6. или 3.7. При этом в общую поверхностную плотность конструкции $m_{\text{общ}}$ при определении поправки ΔR_1 включается поверхностная плотность заполнения воздушного промежутка.

Частота резонанса конструкции f_P при заполнении воздушного промежутка полностью или частично минераловатными и стекловолокнистыми плитами определяется по формуле (9).

При заполнении промежутка пористым материалом с жестким скелетом (пенопласт, пенополистирол, фибролит и т.п.) частоту резонанса следует определять по формуле

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d (m_1 + m_2)}{d \cdot m_1 \cdot m_2}}, \quad \Gamma_{ц},$$

(11)

где m_1 и m_2 - поверхностные плотности обшивок, кг/м²;

d – толщина воздушного промежутка, м;

E_d – динамический модуль упругости материала заполнения, Па.

Если обшивки не приклеиваются к материалу заполнения, значения E_d принимаются с коэффициентом 0,75.

До частоты резонанса включительно ($f \leq f_p$) частотная характеристика звукоизоляции конструкции полностью совпадает с частотной характеристикой, построенной для перегородки с незаполненным воздушным промежутком.

На частотах $f > 1,6 f_p$ звукоизоляция увеличивается дополнительно на величину ΔR_4 (таблица 14).

Таблица 14.

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

При построении частотной характеристики звукоизоляции конструкции на частоте $f = 1,6 f_p$ (2 третьоктавные полосы выше частоты резонанса) отмечается точка Q с ординатой на величину ΔR_4 выше точки, лежащей на отрезке FK, и соединяется с точкой F. Далее частотная характеристика строится параллельно частотной характеристике звукоизоляции конструкции с незаполненным воздушным промежутком – линия A₁EFQK₁L₁M₁N₁P₁ (рисунок 9).

R , дБ

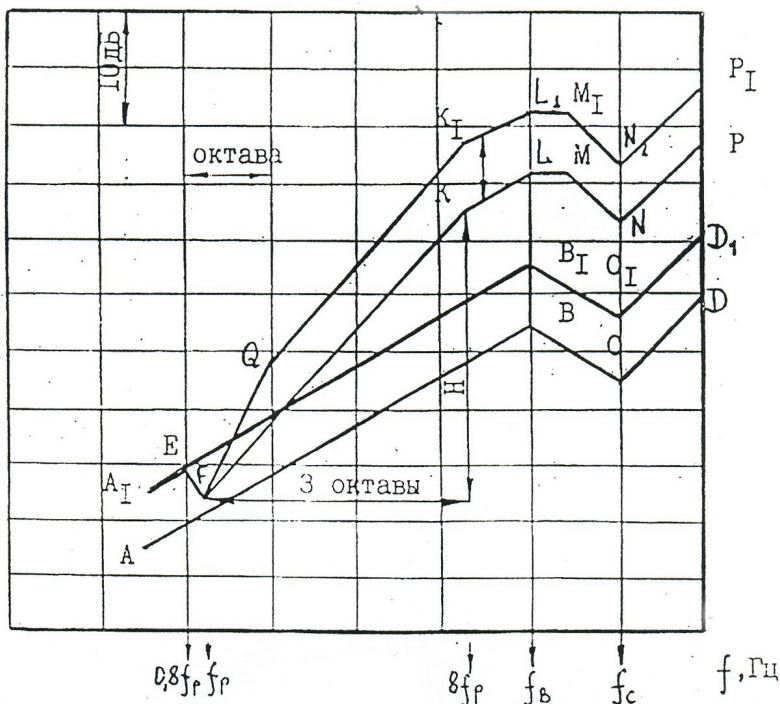


Рисунок 9 — Частотная характеристика изоляции воздушного шума каркасно-обшивной перегородкой с заполнением воздушного промежутка.

Пример 8. Требуется построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой, выполненной из двух листов сухой гипсовой штукатурки толщиной 10 мм, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$ по деревянному каркасу, воздушный промежуток $d = 50 \text{ мм}$ заполнен минераловатными плитами ПП-80, $\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$ (см. рис. 1Б).

Строим частотную характеристику звукоизоляции для одного гипсокартонного листа. Координаты точек В и С определяем по таблице 11:

$$f_B = 19000 / 10 = 1900 \approx 2000 \text{ Гц}; \quad R_B = 36 \text{ дБ};$$

$$f_C = 38000 / 10 = 3800 \approx 4000 \text{ Гц}; \quad R_C = 30 \text{ дБ}.$$

Общая поверхностная плотность ограждения включает в себя две обшивки с $m_1 = m_2 = \gamma \cdot h = 1100 \cdot 0,01 = 11 \text{ кг/м}^2$ и заполнение $80 \cdot 0,05 = 4 \text{ кг/м}^2$, $m_{\text{общ}} = 26 \text{ кг/м}^2$.

$m_{\text{общ}} / m_1 = 26/11 = 2,36$; по таблице 12 находим $\Delta R_1 = 5,5 \text{ дБ}$.

Строим вспомогательную линию $A_1B_1C_1$ на 5,5 дБ выше линии ABC (рисунок 10). Точка С лежит уже вне нормируемого диапазона частот.

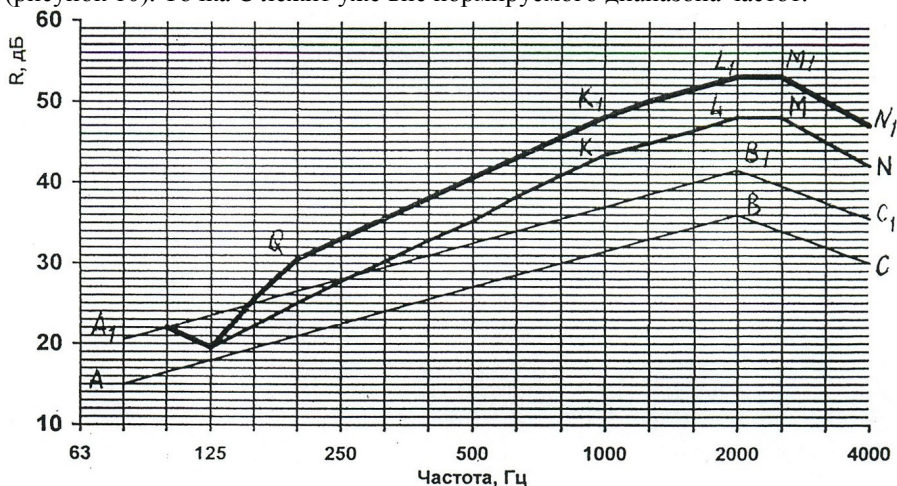


Рисунок 10 — Расчетная частотная характеристика к примеру 8.

Определяем частоту резонанса конструкции по формуле (9)

$$f_p = 60 \sqrt{\frac{11 + 11}{0,05 \cdot 11 \cdot 11}} = 114 \approx 125 \text{ Гц}$$

На частоте $0,8f_p = 100 \text{ Гц}$ отмечаем точку E с ординатой $R_E = 16,5 + 5,5 = 22 \text{ дБ}$,

на частоте $f_p = 125 \text{ Гц}$ — точку F ординатой $R_F = 18 + 5,5 - 4 = 19,5 \text{ дБ}$.

На частоте $8f_p = 1000 \text{ Гц}$ отмечаем точку K с ординатой $R_K = R_F + H = 19,5 + 24 = 43,5 \text{ дБ}$ и соединяем ее с точкой F. Далее до частоты $f_B = 2000 \text{ Гц}$ проводим отрезок KL с наклоном 4,5 дБ на октаву, $R_L = 48 \text{ дБ}$, до следующей 1/3-октавной полосы 2500 Гц горизонтальный отрезок LM. На частоте $f_C = 4000 \text{ Гц}$ отмечаем точку N с ординатой

$$R_N = R_{C1} + \Delta R_2 = R_C + \Delta R_1 + \Delta R_2 = 30 + 5,5 + 6,5 = 42 \text{ дБ.}$$

Линия EFKLMN является частотной характеристикой изоляции воздушного шума перегородкой с незаполненным воздушным промежутком.

На частоте $1,6f_p = 200$ Гц отмечаем точку Q с ординатой $R_Q = 25 + 5 = 30$ дБ (по таблице 14 поправка $\Delta R_4 = 5$ дБ) и соединяем ее с точкой F. Далее строим частотную характеристику параллельно линии FKL MN, прибавляя к ее значениям поправку $\Delta R_4 = 5$ дБ.

В нормируемом диапазоне частот изоляция воздушного шума данной перегородкой составляет:

f , Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
R, дБ	22	19,5	24,5	30	32,5	35	38	40,5	43	46	48,5	50	51,5
f , Гц	2000		2500		3150								
R, дБ	53		53		50								

3.9. Индекс изоляции воздушного шума $R_{w, \text{дБ}}$, междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем следует определять по таблице 15 в зависимости от величины индекса изоляции воздушного шума несущей плитой перекрытия R_{w0} , определенного в соответствии с 3.2 или 3.3 и частоты резонанса конструкции f_p , Гц, определяемой по формуле (11). В формуле E_d – динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, Па, принимаемый по таблице 16; 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

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

(12)

где d_0 - толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии, м;

ε - относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя под нагрузкой, принимаемое по таблице 16.

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{E_d(m_1 + m_2)}{d \cdot m_1 \cdot m_2}}, \quad \text{Гц} \quad (11)$$

Таблица 15.

Конструкция пола	f_p , Гц	Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_{w0} , 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 плитах с $m = 60 - 120$ 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

Таблица 16.

Материалы	Плотность, кг/м³	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	2	3	4	5	6	7	8
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	—	—
жесткие	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 по ТУ 21-24-51—73	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 древесно-волоконистые мягкие по ГОСТ 4598—86	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
7. Материалы из пенополиэтилена и пенополипропилена:							
Велимат		$1,4 \cdot 10^5$	0,19	$1,6 \cdot 10^5$	0,37	$2,0 \cdot 10^5$	0,5
Пенополиэкс		$1,8 \cdot 10^5$	0,02	$2,5 \cdot 10^5$	0,1	$3,2 \cdot 10^5$	0,2
Изолон (ППЭ-Л)		$2 \cdot 10^5$	0,05	$3,4 \cdot 10^5$	0,1	$4,2 \cdot 10^5$	0,2
Энергофлекс, Пенофол, Вилатерм		$2,7 \cdot 10^5$	0,04	$3,8 \cdot 10^5$	0,1	—	—
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 (НПЭ)		$4,7 \cdot 10^5$	0,15	$5,8 \cdot 10^5$	0,2	—	—
Этафом (ППЭ-Р)		$6,4 \cdot 10^5$	0,02	$8,5 \cdot 10^5$	0,1	$9,2 \cdot 10^5$	0,2
Пенотерм (НПП-ЛЭ)		$6,6 \cdot 10^5$	0,1	$8,5 \cdot 10^5$	0,2	$9,2 \cdot 10^5$	0,25
П р и м е ч а н и я 1 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. 2 В таблице даны ориентировочные величины E_d и ϵ, более точные данные следует брать из сертификатов на материалы, в которых эти величины должны быть приведены.							

Пример 9. Требуется рассчитать индекс изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием. Перекрытие состоит из железобетонной несущей плиты $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ толщиной 10 см, звукоизоляционных полосовых прокладок из жестких минераловатных плит плотностью 140 кг/м^3 толщиной 4 см в необжатом состоянии и дощатого пола толщиной 35 мм на лагах сечением $100 \times 50 \text{ мм}$ с шагом 50 см. Полезная нагрузка 2000 Па (см. рис. 2А).

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

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

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

Нагрузка на прокладку (с учетом того, что на 1 м^2 пола приходится 2 лаги)

$$\frac{2000 + 270}{0,1 \cdot 2} = 11350 \text{ Па}$$

Величина $R_{\text{н.о}}$ для несущей плиты перекрытия составляет 46 дБ.

Находим частоту резонанса конструкции по формуле (11) при $E_d = 8,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $\epsilon = 0,55$ (таблица 16), $d = 0,04(1-0,55) = 0,018 \text{ м}$.

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

По таблице 15 находим индекс изоляции воздушного шума данным междуэтажным перекрытием $R_{\text{н.о}} = 52 \text{ дБ}$.

Пример 10. Требуется рассчитать индекс изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием. Перекрытие состоит из железобетонной несущей плиты $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ толщиной 10 см, упругой прокладки из пенополиэтиленового материала Изолон толщиной 8 мм, цементно-песчаной стяжки $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ толщиной 40 мм и паркета на битумной мастике $\gamma = 707 \text{ кг/м}^3$, толщина 15 мм по твердой ДВП толщиной 4 мм, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$ (см. рис. 2А).

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

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

$$m_2 = 1800 \cdot 0,04 \text{ (стяжка)} + 1100 \cdot 0,004 \text{ (ДВП)} + 10,6 \text{ (паркет)} = 72,4 + 4,4 + 10,6 = 87 \text{ кг/м}^2.$$

Индекс изоляции воздушного шума несущей плитой перекрытия определен в примере 9 – $R_{\text{н.о}} = 46 \text{ дБ}$.

По таблице 16 принимаем характеристики материала упругой прокладки: $E_d = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $\epsilon = 0,05$ и определяем толщину прокладки в обжатом состоянии: $d = 0,008(1-0,05) = 0,0076 \text{ м}$. Находим частоту резонанса конструкции по формуле (11)

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 (250 + 87)}{0,0076 \cdot 250 \cdot 87}} = 102,1 \approx 100 \text{ Гц}$$

По таблице 15 находим индекс изоляции воздушного шума данным междуэтажным перекрытием $R_{w'} = 53$ дБ.

3.10. Индекс приведенного уровня ударного шума L_{wv} под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое следует определять по таблице 17 в зависимости от величины индекса приведенного уровня

ударного шума для несущей плиты перекрытия (сплошного сечения или с

Таблица 17.

Конструкция пола	f_0 , Гц	Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием $L_{пк}$ при индексе для несущей плиты перекрытия $L_{пл0}$						
		86	84	82	80	78	76	74
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 полами 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 $E_d = 3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$	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 $m = 60$ 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 звукоизоляционному слою из песка с $E_d = 12 \cdot 10^6$ Па	160	62	60	58	57	55	54	53
	200	65	63	61	59	58	57	56
	250	67	65	63	61	60	59	58
	315	71	69	67	66	64	63	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	59	56	54	52	50	48	47
	80	61	58	56	54	52	50	49
	100	63	60	58	57	55	53	52
	125	65	62	60	58	56	54	53
	160	67	64	62	60	58	56	55
	200	68	65	64	62	60	58	57
6. То же, по звукоизоляционному слою из песка с $E_d = 12 \cdot 10^6$ Па	160	61	58	56	55	53	52	51
	200	63	60	58	57	55	54	53
	250	65	63	61	59	58	57	56
	315	69	67	65	64	62	61	60
П р и м е ч а н и е — При промежуточных значениях поверхностной плотности стяжки (сборных плит) индексы следует определять по интерполяции, округляя до целого числа дБ.								

круглыми пустотами) $L_{рав 0}$, определенной по таблице 18, и частоты собственных колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое, f_0 , определяемой по формуле

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{dm_2}}, \quad \Gamma_{ц}, \quad (13)$$

где E_d - динамический модуль упругости звукоизоляционного слоя, Па, принимаемый по таблице 16;

d - толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м;

m_2 - поверхностная плотность пола (без звукоизоляционного слоя), кг/м².

Таблица 18.

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м ²	Значения $L_{pn,0}$, дБ
150	86
200	84
250	82
300	80
350	78
400	77
450	76
500	75
550	74
600	73
Примечания	
1. При подвесном потолке из листовых материалов (ГКЛ, ГВЛ и т.п.) из значений $L_{pn,0}$ вычитается 1 дБ.	
2. При заполнении пространства над подвесным потолком звукопоглощающим материалом из значений $L_{pn,0}$ вычитается 2 дБ.	

Пример 11. Требуется рассчитать индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием. Перекрытие состоит из железобетонной несущей плиты толщиной 14 см, $\gamma = 2500$ кг/м³, звукоизоляционного слоя из материала Пенотерм (НПП-ЛЭ) толщиной 10 мм в необжатом состоянии, гипсобетонной панели плотностью 1300 кг/м³ толщиной 5 см и линолеума средней плотностью 1100 кг/м³ толщиной 3 мм. Полезная нагрузка 2000 Па (см. рис. 2Б).

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

$$m_1 = 2500 \cdot 0,14 = 350 \text{ кг/м}^2;$$

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

Нагрузка на звукоизоляционный слой $2000 + 683 = 2683$ Па.

По таблице 18 находим $L_{pn,0} = 78$ дБ.

Вычисляем частоту колебаний пола по формуле (13) при $E_d = 6,6 \cdot 10^5$ Па, $\epsilon = 0,1$ (таблица 16) и $d = 0,01(1 - 0,1) = 0,009$ м:

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{6,6 \cdot 10^5}{0,009 \cdot 68,3}} = 165 \approx 160 \text{ Гц}$$

По таблице 17 находим индекс изоляции приведенного уровня шума под данным междуэтажным перекрытием $L_{.rw} = 60$ дБ.

Пример 12. Требуется рассчитать индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием. Перекрытие состоит из железобетонной несущей плиты $\gamma = 2500$ кг/м³ толщиной 18 см, звукоизоляционного слоя из пенополиэтиленового материала Термофлекс толщиной 12 мм, двух гипсоволокнистых листов $\gamma = 1100$ кг/м³ общей толщиной 20 мм и паркета на битумной мастике толщиной 15 мм. Полезная нагрузка 2000 Па (см. рис. 2Б).

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

$$m_1 = 2500 \cdot 0,18 = 450 \text{ кг/м}^2;$$

$$m_2 = 1100 \cdot 0,02 + 700 \cdot 0,015 = 32,5 \text{ кг/м}^2.$$

По таблице 18 находим $L_{.rw0} = 76$ дБ.

Вычисляем частоту колебаний пола по формуле (13) при $E_d = 64 \cdot 10^5$ Па, $\epsilon = 0,03$, толщине прокладки в обжатом состоянии $d = 0,012(1 - 0,03) = 0,0116$ м:

$$f_p = 0,16 \sqrt{\frac{4 \cdot 10^5}{0,0116 \cdot 32,5}} = 164,8 \approx 160 \text{ Гц}$$

По таблице 17 находим индекс приведенного уровня ударного шума $L_{.rw} = 59$ дБ.

3.13. Индекс изоляции воздушного шума $R_{.w}$, дБ, междуэтажным перекрытием без звукоизоляционного слоя с полом из рулонных материалов следует определять в соответствии с 3.2 или 3.3, принимая при этом величину m равной поверхностной плотности плиты перекрытия (без рулонного пола).

Если в качестве покрытия чистого пола принят поливинилхлоридный линолеум на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове (ГОСТ 18108-80), то рассчитанную величину индекса изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием следует уменьшать на 1 дБ.

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

$$L_{.rw} = L_{.rw0} - \Delta L_{.rw}, \quad \text{дБ} \quad (14)$$

где $\Delta L_{.rw}$ - индекс снижения приведенного уровня ударного шума, дБ, принимаемой в соответствии с паспортными данными на рулонный материал.

ИЛЛЮСТРАЦИИ К ПРИМЕРАМ РАСЧЕТА

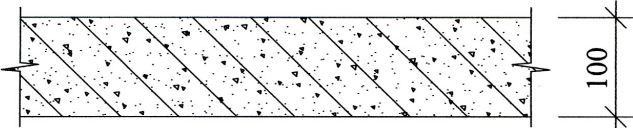
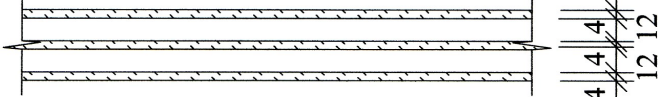
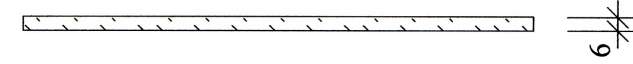
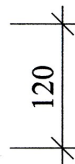
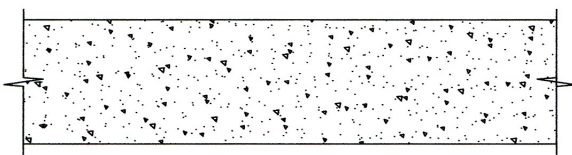
ПРИМЕР 1	ПРИМЕР 3	ПРИМЕР 6
Перегородка из тяжелого бетона, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$	Окно с переплетами из ПВХ профиля (двух- камерный стеклопакет)	Одинарное остекление с металлическим витражом
		

Рис. 1А. Схематические разрезy расчетных конструкций (перегородка и светопроемы)

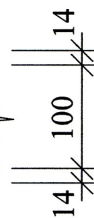
ПРИМЕР 4

Перегородка из
керамзитобетона
класса В 7,5,
 $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$



ПРИМЕР 7

Перегородка из двух гипсо-
картонных листов, $\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$,
по деревянному каркасу



ПРИМЕР 8

Перегородка из двух листов сухой
штукатурки, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$ по де-
ревянному каркасу с заполнением
минераловатными плитами ПП-80

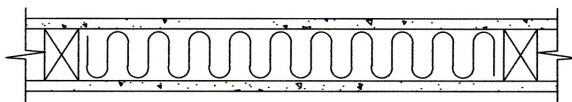
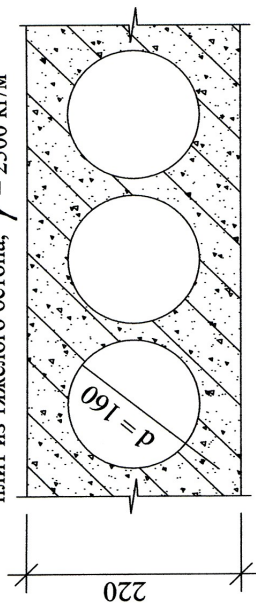


Рис. 1Б. Схематические разрезы расчетных перегородок

ПРИМЕР 5

Междуэтажное перекрытие из пустотных плит из тяжелого бетона, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$



ПРИМЕР 9

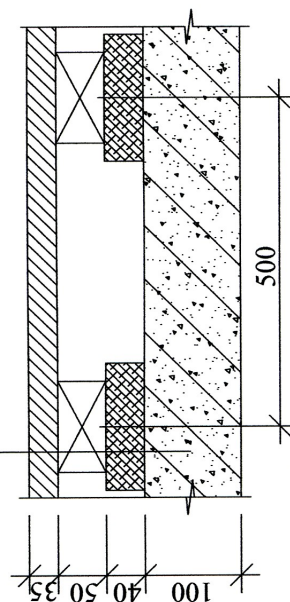
Междуэтажное перекрытие с полом

доски пола

лаги 100 x 50 мм через 50 см

прокладки из жест. мин.-ватных плит, $\gamma = 140 \text{ кг/м}^3$

ж/б плита перекрытия, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$



ПРИМЕР 10

Междуэтажное перекрытие с полом

паркет на битумной мастике, $\gamma = 707 \text{ кг/м}^3$

твердая ДВП, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$

цем. - песчаная стяжка, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$

пенополиэтилен "Изолон"

ж/б плита перекрытия, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$

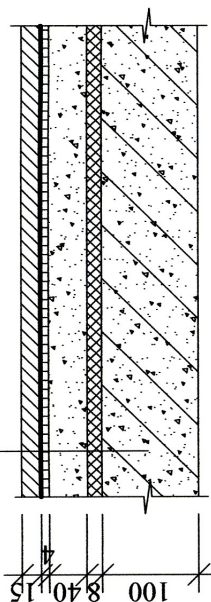
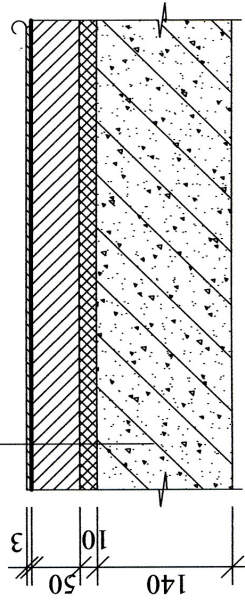


Рис. 2А. Схематические разрезы расчетных перекрытий

ПРИМЕР 11

Междуэтажное перекрытие с полом

линолеум, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$
гипсобетонная панель, $\gamma = 1300 \text{ кг/м}^3$
пенотерм НПП - ЛЭ
ж/б плита перекрытия, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$



ПРИМЕР 12

Междуэтажное перекрытие с полом

паркет на битумной мастике
два гипсоволокнистых листа, $\gamma = 1100 \text{ кг/м}^3$
пенополиэтилен "Термофлекс"
ж/б плита перекрытия, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$

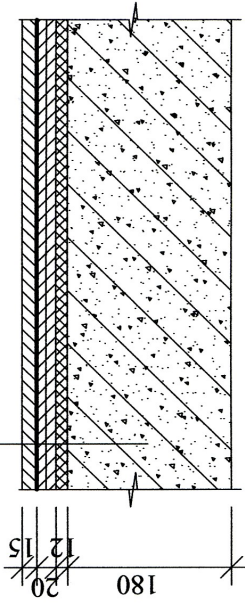


Рис. 2Б. Схематические разрез расчетных перекрытий

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ НАДЛЕЖАЩЕЙ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

4.1. Перекрытия.

Звукоизоляционная прокладка в перекрытии может быть в виде сплошного слоя или отдельных полос. Полосование прокладки используют с целью уменьшения расхода звукоизоляционного материала. Их применяют шириной 10 – 20 см и располагают по контуру и по полю перекрытия параллельно одной из его сторон. При деревянном поле по лагам прокладки располагают под лагами. Суммарная площадь полосовых прокладок должна быть не менее 20% площади пола.

Пол на звукоизоляционной прокладке не должен иметь жестких связей с несущей плитой перекрытия, стенами и перегородками. Зазор между полом и стенами (перегородками) должен составлять 1 – 2 см и заполняться звукоизоляционным материалом. Примыкание пола на звукоизоляционной прокладке к стене или перегородке показано на рис. 3.

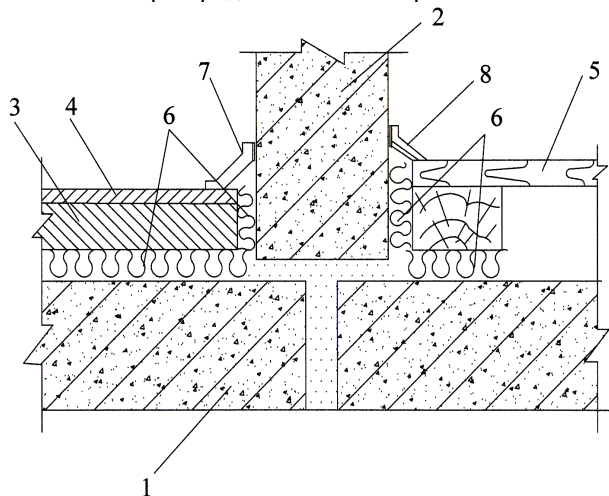


Рис. 3. Схема конструктивного решения узла примыкания пола на звукоизоляционном слое к стене (перегородке).

1.– несущая часть междуэтажного перекрытия; 2 – стена; 3 – бетонное основание пола; 4 – покрытие пола; 5 – дощатый пол на лагах; 6 – прокладка (слой) из звукоизоляционного материала; 7 – гибкий пластмассовый плинтус; 8 – деревянная галтель.

При проектировании пола с основанием в виде монолитной стяжки следует располагать по звукоизоляционной прокладке сплошной слой

пергамина или пленки с перехлестыванием в стыках не менее 20 см.

Для увеличения звукоизоляции перекрытия с “плавающим” полом принимают следующие меры:

- уменьшение динамической жесткости прокладки путем увеличения ее толщины или применения материала с меньшим динамическим модулем упругости;

- увеличение поверхностной плотности пола.

4.2. Внутренние стены и перегородки.

Для увеличения изоляции воздушного шума перегородкой из железобетона, бетона, кирпича и т.п. можно использовать дополнительную обшивку на отnose. Это могут быть гипсокартонные листы, твердые ДВП, прикрепляемые к перегородке по каркасу из металла или деревянных брусков. Воздушный промежуток между перегородкой и обшивкой должен быть 4 – 5 см, его следует заполнять звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолоконистыми плитами).

В конструкциях каркасно-обшивных перегородок должно быть точечное крепление листов обшивки к каркасу шагом не менее 30 см. Шаг стоек или расстояние между горизонтальными элементами каркаса рекомендуется не менее 60 см.

Входные двери квартир следует проектировать с порогом и уплотнением притворов прокладками из пористой резины. Запирающее устройство двери должно обеспечивать обжатие прокладки.

4.3. Стыки и узлы.

Стыки между ограждающими конструкциями зданий, а также между ними и другими примыкающими конструкциями должны быть устроены таким образом, чтобы в них отсутствовали и в процессе эксплуатации не возникали сквозные щели, снижающие звукоизоляцию ограждений.

Акустически однородные двойные перегородки, опирающиеся на несущие конструкции перекрытия, должны устанавливаться на уплотнительно-выравнивающий материал (цементно-песчаный раствор, цементную пасту и т.п.). В местах их примыкания к потолку должно быть предусмотрено использование герметизирующего материала (рис. 4). Примыкание перегородок к наружным и внутренним стенам должно решаться аналогично примыканию к потолку.

Несущие плиты перекрытий следует опирать на внутренние и наружные стены или заводить в них. Если это невозможно, свободное примыкание несущих плит перекрытия к стенам должно проектироваться с применением герметизирующих материалов (рис. 5).

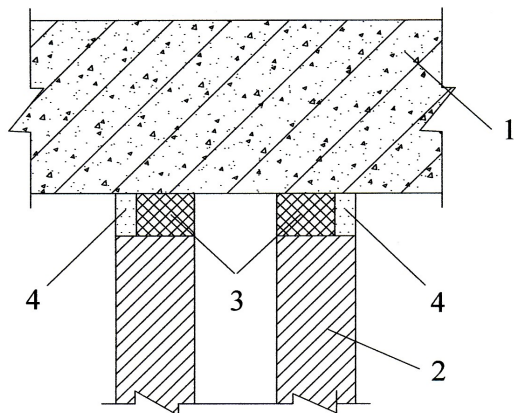


Рис. 4. Схема конструктивного решения узла примыкания двойной перегородки к перекрытию.
1. – несущая часть перекрытия; 2 – элемент перегородки; 3 – герметик (уплотняющая прокладка или шнур); 4 – раствор.

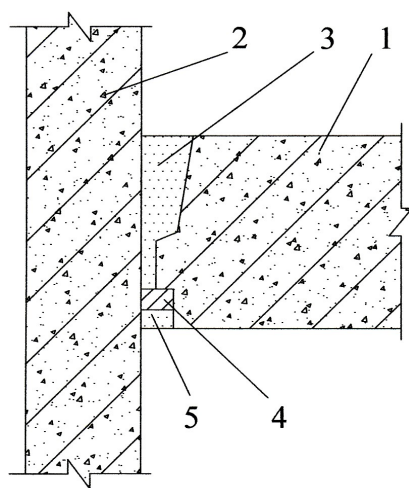


Рис.5. Схема конструктивного решения узла примыкания перекрытия к стене.
1. – несущая часть перекрытия; 2 – стена; 3 – монтажный бетон или раствор; 4 – герметик (уплотняющая прокладка или шнур); 5 – раствор.

При расположении стыка между сборными плитами междуэтажного перекрытия в пределах помещения следует устраивать стык замоноличенным с использованием герметизирующих материалов (рис. 6).

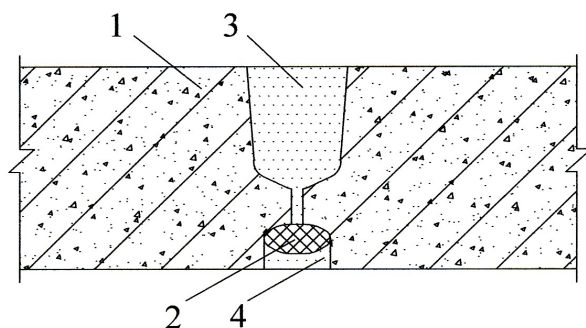


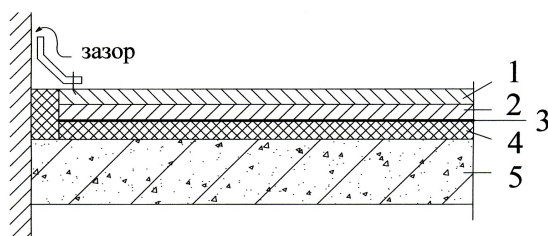
Рис. 6. Схема конструктивного решения расположенного в пределах помещения стыка элементов перекрытия с применением герметизирующего материала.

1. – сборный элемент перекрытия; 2 – герметик; 3 – монтажный бетон; 4 – раствор.

Стыки между несущими элементами внутренних стен проектируют с заполнением раствором или бетоном. Сопрягаемые поверхности сборных элементов должны образовывать в стыке полость, поперечные размеры которой обеспечивают плотное заполнение ее монтажным бетоном или раствором на всю высоту.

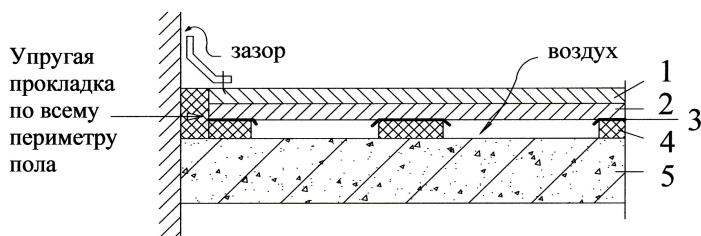
Примеры решения конструкций полов приведены на рис. 7.

а) ПОЛЫ ПО СПЛОШНОМУ УПРУГОМУ ОСНОВАНИЮ



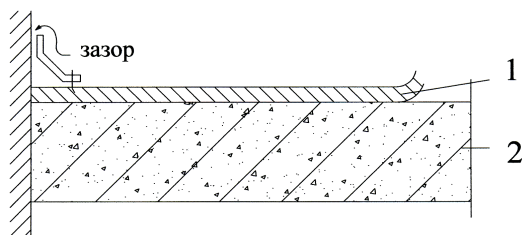
1 – чистый пол; 2 – бетонный или шлакобетонный слой; 3 – пергамин; 4 – сплошная упругая прокладка; 5 – несущая часть перекрытия.

б) ПОЛЫ ПО ЛЕНТОЧНЫМ УПРУГИМ ПРОКЛАДКАМ



1 – чистый пол; 2 – сборные бетонные плиты (швы между ними заливаются цементным раствором); 3 – пергамин; 4 – ленточные или штучные прокладки из упругого материала; 5 – несущая часть перекрытия.

в) РУЛОННЫЕ ПОЛЫ



1 – рулонный пол на упругой подкладке; 2 – несущая часть перекрытия.

Рис. 7. Схемы полов по отдельным и ленточным прокладкам из упругих

материалов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Нормирование звукоизоляции: индекс изоляции воздушного шума, индекс приведенного уровня ударного шума.
2. Вид частотной характеристики изоляции воздушного шума однослойной ограждающей конструкцией.
3. Вид частотной характеристики изоляции воздушного шума многослойной ограждающей конструкцией с воздушным промежутком.
4. Расчет изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями. Способы увеличения изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями.
5. Легкие ограждающие конструкции, обеспечивающие высокую изоляцию воздушного шума.
6. Способы увеличения изоляции ударного шума конструкциями перекрытия.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. Госстрой России. М., 2004.
2. Крейтан В.Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий. М., Стройиздат 1980.
3. Ковригин С.Д. Архитектурно-строительная акустика. М., “Высшая школа”. 1980.

Учебное издание

Андрей Александрович Климухин, к.т.н., с.н.с.

Звукоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий

Учебно-методические указания к курсовой расчетно-
графической работе

Под редакцией Н.И.Щепеткова

Издание подготовлено на кафедре
«Архитектурной физики»

Подписано в печать 21.11.11
Формат 60х90/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 3,25.
Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт
(государственная академия)»
107031, Москва, ул. Рождественка, д.11,
Тел.: (495) 625-50-82, (495) 624-79-90.