



С. Н. Овсянников

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Томск 2020



Министерство высшего образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

Серия «Учебники ТГАСУ»

С.Н. Овсянников

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

*Рекомендовано Учебно-методическом советом ТГАСУ
в качестве учебного пособия для подготовки
бакалавров и магистров по направлениям
«Архитектура» и «Строительство»*

Томск
Издательство ТГАСУ
2020

УДК 699.844:692.2/.5(075.8)

ББК 38.113.22я73

О345

Серия «Учебники ТГАСУ» основана в 2013 году

Овсянников, С.Н. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий : учебное пособие для студентов вузов / С.Н. Овсянников. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2020. – 128 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-93057-937-6

В учебном пособии представлены методы расчета и проектирования звукоизоляции внутренних и наружных ограждающих конструкций зданий. Приводятся примеры расчета стен, перегородок, перекрытий и легких и светопрозрачных ограждающих конструкций, конструктивные приемы усиления звукоизоляции.

Предназначено для изучения дисциплин раздела «Строительная физика» и в качестве пособия для выполнения курсового и дипломного проектирования студентами технических вузов, обучающихся по направлениям «Архитектура» и «Строительство» по программам бакалавриата и магистратуры, а также для практикующих архитекторов и проектировщиков.

УДК 628.517.2(075.8)

ББК 38.76я73

Рецензенты:

В.Н. Околичный, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерная графика» ТГАСУ;

П.Н. Семенюк, канд. техн. наук, доцент, директор ООО «ПКБ ТДСК», технический директор ОАО «ТДСК».

ISBN 978-5-93057-937-6

© Томский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2020

© Овсянников С.Н., 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Основные понятия и термины	7
2. Пути распространения звука в здании и основные параметры звукоизоляции	9
3. Нормирование шума и звукоизоляции	15
3.1. Санитарные нормы шума в помещениях зданий	15
3.2. Нормативные требования к изоляции воздушного и ударного шума	16
3.3. Требуемая звукоизоляция наружных ограждающих конструкций	21
4. Физические основы прохождения звука через одно- и многослойные ограждающие конструкции	23
5. Инженерные методы расчета изоляции воздушного шума	27
5.1. Расчет изоляции воздушного шума однослойными массивными сплошными и пустотными конструкциям	27
5.2. Расчет изоляции воздушного шума массивными двухветвевыми конструкциями с воздушным промежутком	40
5.3. Расчет изоляции воздушного шума массивными двухветвевыми конструкциями со слоем звукоизоляционного материала	41
5.4. Расчет изоляции воздушного шума однослойными тонкими (листовыми) конструкциями	45
5.5. Расчет изоляции воздушного шума двухветвевыми тонкими (листовыми) каркасными конструкциями с воздушным промежутком	51
5.6. Расчет изоляции воздушного шума двухветвевыми тонкими (листовыми) каркасными конструкциями с заполнением воздушного промежутка звукоизоляционным материалом	60
5.7. Расчет изоляции воздушного шума трехветвевыми тонкими (листовыми) конструкциями с двумя воздушными промежутками	65
5.8. Расчет изоляции воздушного шума массивной конструкцией с обшивкой гибкой плитой на относе	76

6. Инженерные методы расчета изоляции ударного шума.....	82
6.1. Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием с полом из рулонных материалов	82
6.2. Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полами по лагам	86
6.3. Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с «плавающими» полами	90
7. Правила проектирования звукоизоляции в зданиях	94
7.1. Проектирование звукоизоляции внутренних стен и перегородок.....	95
7.2. Проектирование звукоизоляции перекрытий	98
7.3. Проектирование звукоизоляции светопрозрачных конструкций	100
Заключение	102
Вопросы для самоконтроля	104
Библиографический список	106
Приложение. Индивидуальные задания.....	108
Уровень бакалавриата.....	108
Уровень магистратуры	117

ВВЕДЕНИЕ

Шум в помещения здания может проникать как из соседних или удаленных помещений, так и снаружи. Шум оценивается уровнями звукового давления в децибелах (дБ) в слышимом диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц в октавных и третьоктавных полосах частот или одним числом в децибелах по шкале «А» (дБА).

Звукоизоляция помещений является важной потребительской характеристикой здания и должна быть обеспечена конструктивными решениями. Требуемая звукоизоляция, создающая относительный акустический комфорт, может быть определена для внутренних шумов как разность обобщенного спектра бытовых или иных шумов и спектра допустимого уровня шума в помещении. Для внешних шумов требуемая звукоизоляция наружных ограждающих конструкций может быть определена как разность спектра шума перед фасадом здания и спектра допустимого уровня шума в помещении. Учитывая, что процессы прохождения звука через конструкции имеют и инерционный и резонансный характер и по-разному проявляются в узких полосах частот, то все расчеты звукоизоляции ведутся в третьоктавных полосах со среднегеометрическими значениями от 100 до 3150 Гц. Для источников шума как внутри, так и снаружи здания именно этот диапазон частот является наиболее ответственным за создание комфортного акустического режима. Следует различать *звукоизолирующую способность ограждающей конструкции*, которая определяется как собственная для этой конструкции характеристика снижения уровня шума и измеряемая в специальных реверберационных камерах, исключая косвенную звукопередачу, и *звукоизоляцию помещений*, которая определяется для смежных и удаленных помещений с учетом косвенной, в том числе и структурной, звукопередачи. Расчеты шума, распространяющегося по конструкциям из удаленных помещений, целесообразно выполнять в октавах и по коррекции «А» (в дБА).

Проектирование звукоизоляции включает в себя оценку спектра шума источников внутренних и внешних шумов, расчет звукоизолирующей способности ограждений и их правильное конструирование, обеспечивающее нормативную звукоизоляцию по сводам правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [1] и СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» [2]. Проектирование звукоизоляции должно обеспечить уровни шума в помещениях не выше допустимых значений по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [3].

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

Основные понятия и термины, используемые в настоящем пособии, соответствуют понятиям и терминам СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» [2].

Уровень звукового давления L , дБ, измеряется в третьоктавных или в октавных полосах частот прибором шумомером, имеющим встроенные фильтры для анализа звука в выделенных полосах частот. Уровень звукового давления может быть также измерен одним числом L_A , дБА, в скорректированных значениях по частотной шкале «А», соответствующей чувствительности человеческого уха.

Частота f , Гц – число колебаний в секунду.

Полосы частот – выделенные полосы частот для анализа звука. Для санитарной оценки звука и в расчетах акустики помещений используются октавы. **Октава** – это полоса частот, у которой нижняя и верхняя границы отличаются в 2 раза. В расчетах и измерениях звукоизоляции используются **третьоктавные полосы**, для которых нижняя и верхняя границы полосы отличаются в $\sqrt[3]{2} \approx 1,259$ раза. Название полосы принимают по среднегеометрическому значению от нижней и верхней границ полосы $f_{сг} = \sqrt{f_{н} \cdot f_{в}}$.

Частотная характеристика, или спектр – график зависимости от частоты уровней звукового давления, изоляции воздушного шума или уровня ударного шума.

Изоляция воздушного шума ограждающей конструкций R оценивается в дБ в 16 третьоктавных полосах частот. При измерениях определяется как разность уровней звукового давления в помещении с источником и в изолируемом помещении с учетом звукопоглощения в изолируемом помещении и площади разделяющей помещения конструкции.

Индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции R_w оценивается одним числом в дБ путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума R с оценочной частотной характеристикой R_o .

Уровень ударного шума L оценивается в дБ в 16 третьоктавных полосах частот под перекрытием с установленной на него стандартной ударной («топальной») машиной или в соседнем помещении сбоку или выше. При измерениях определяется **приведенный уровень ударного шума** как уровень звукового давления в изолируемом помещении при работе машины с учетом звукопоглощения в изолируемом помещении L_n .

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} оценивается одним числом в дБ путем сравнения частотной характеристики уровня ударного шума L_n с оценочной частотной характеристикой L_{no} .

2. ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ЗДАНИИ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ

Гражданские здания можно представить как систему помещений и ограждающих их панелей (стены, перегородки, перекрытия). Под действием источников шума и звуковой вибрации в панелях возбуждаются продольные, сдвиговые и изгибные волны. Изгибные волны, распространяясь по конструкциям, вызывают интенсивное излучение звука в воздушное пространство смежных и удаленных помещений.

Основными внутренними источниками шума в помещениях гражданских зданий являются бытовые источники: работа бытовой техники, громкий разговор, музыка, ходьба по перекрытию, падение предметов, передвижение мебели и пр. Шум возникает также в результате работы инженерного оборудования, источником которого являются насосы подкачки воды, трубопроводы, лебедки лифта, оборудование встроенных в здание предприятий торгового и бытового обслуживания. Инженерное оборудование не только излучает шум в помещения, в которых оно находится, но и создает звуковую вибрацию, которая с малым затуханием распространяется по конструктивному остову здания и приводит к излучению звука в удаленных от источника помещениях.

В зависимости от вида источника и способа передачи шума различают воздушный, ударный и структурный шум.

Воздушный шум, излучаемый источником в воздух помещения, падает на стены и перекрытия и вызывает в них изгибные колебания, что приводит к излучению звука в смежные помещения. Под **изоляцией воздушного шума** понимают потерю энергии звука при его прохождении из помещения с источником шума в смежное помещение. Величину звукоизоляции R выражают в логарифмических единицах – децибелах (дБ):

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau}, \text{ дБ}, \quad (1)$$

где τ – коэффициент прохождения энергии падающего на конструкцию звука:

$$\tau = \frac{J_{\text{пад}}}{J_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где $J_{\text{пад}}$ – энергия падающего звука, Дж; $J_{\text{пр}}$ – энергия прошедшего через конструкцию звука, Дж.

Изоляцию воздушного шума определяют через разность уровней шума L_1 и L_2 в соседних помещениях (рис. 1). На рис. 2 представлен двухканальный шумомер-анализатор звука типа 2270-S, производимый датской компанией «Брюль и Кьер». Он позволяет измерять уровни звукового давления в помещениях и время реверберации.

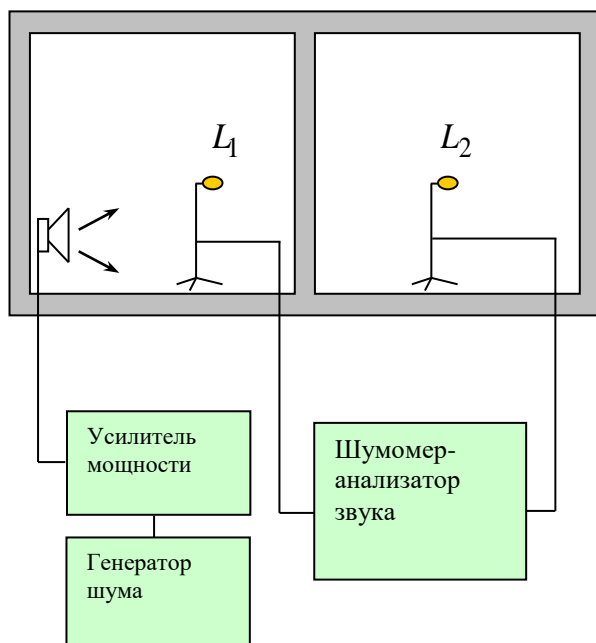


Рис. 1. Схема измерения изоляции воздушного шума перегородкой



Рис. 2. Двухканальный шумомер-анализатор звука 2270-S «Брюль и Кьер»

низкого уровня) в третьоктавных полосах частот по формуле:

$$R_i = L_1 - L_2 + 10 \lg \left(\frac{S}{A_2} \right), \quad (3)$$

где L_1 и L_2 – средние уровни звукового давления в помещении с источником звука и в изолируемом смежном помещении, соответственно, дБ; S – площадь испытываемой конструкции, м²; A_2 – эквивалентное звукопоглощение в изолируемом помещении (камере низкого уровня), м².

Звукопоглощение A_2 определяется по измерениям времени стандартной реверберации в изолируемом помещении по формуле

$$A_2 = 0,16 \cdot \left(\frac{V}{T_i} \right), \quad (4)$$

где V – объем помещения; T_i – время реверберации, измеренное в изолируемом помещении в соответствующей полосе частот от 100 до 3150 Гц.

Ударным шумом называют шум, возникающий в помещении в результате ходьбы, передвижения мебели, падения предметов, т. е. ударных воздействий на перекрытие в смежном помещении этажом выше, ниже или на том же этаже.

Изоляцию ударного шума определяют по значениям уровня ударного шума L_i , дБ, при воздействии на него стандартной ударной (топательной) машинки – специального устройства, имеющего 5 молотков, весом 0,5 кг, падающих на перекрытие с частотой 10 ударов в секунду (рис. 3). Характеристикой изоляции ударного шума перекрытием является приведенный уровень ударного шума L_{ni} , дБ, определяемый по результатам измерений (рис. 4) в третьоктавных полосах частот (с индексом полосы i по порядку от 100 до 3150 Гц) по формуле:

$$L_i = L_2 - 10 \lg \left(\frac{A_0}{A_2} \right), \quad (5)$$

где L_2 – средний уровень звукового давления в изолируемом смежном помещении, дБ; A_2 – эквивалентное звукопоглощение в изолируемом помещении, м^2 , определяемое, как и в случае изоляции воздушного шума, по измерениям времени реверберации в изолируемом помещении; A_0 – стандартное звукопоглощение 10 м^2 .

Уровни ударного шума оцениваются не только при ударном возбуждении перекрытия над изолируемым помещением, но и при ударном возбуждении перекрытия этажом ниже или перекрытия в соседнем помещении этого же этажа. Так же, как и для воздушного шума, изоляция ударного шума перекрытием может быть определена как собственная характеристика конструкции в специальных реверберационных камерах. При измерениях в натуральных условиях структурная звукопередача может существенно ухудшить звукоизоляцию конструкции по сравнению с собственной звукоизолирующей способностью.

Учебное издание

Овсянников Сергей Николаевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Редактор Т.А. Титоренко
Оригинал-макет подготовлен Т.А. Титоренко

Подписано в печать 05.06.2020.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,7. Тираж 100 экз. Зак. № 68.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.