

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
<b>1. АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОМЕЩЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Основы проектирования акустики помещений .....	6
1.1.1. Акустическое проектирование.....	6
1.1.2. Акустические системы. Основы расчета и проектирования .....	8
1.2. Формирование акустических свойств декоративных материалов .....	22
1.2.1. Основы создания звукопоглощающих материалов .....	22
1.2.2. Роль структуры в формировании функциональных свойств декоративно-отделочных материалов .....	24
1.2.3. Эксплуатационные свойства декоративно-акустических материалов.....	26
1.2.4. Фактурные решения декоративно-акустических материалов.....	28
Вопросы для самопроверки .....	31
<b>2. ДЕКОРАТИВНО-АКУСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ.....</b>	<b>32</b>
2.1. Изделия на основе минеральных волокон.....	32
2.1.1. Общая характеристика .....	32
2.1.2. Подвесные потолки и стеновые панели из минераловолокнистых плит .....	32
2.1.3. Звукопоглощающие перфорированные кассеты и подвесные элементы .....	36
2.2. Изделия на основе целлюлозных волокон и древесного волокна .....	37
2.2.1. Общая характеристика изделий на основе органических волокон.....	37
2.2.2. Панели из древесного волокна на цементном связующем.....	37
2.2.3. Древесно-волокнистые плиты на магнезитовом связующем.....	38
2.2.4. Акустические потолочные и стеновые панели на основе древесно-волокнистых плит средней плотности.....	41
2.2.5. Акустические стеновые панели на основе древесно-волокнистых плит высокой плотности .....	51
2.3. Изделия на основе гипсокартонных и гипсоволокнистых листов .....	54
2.3.1. Плиты из перфорированного гипсокартона, усиленные нетканым полотном .....	54
2.3.2. Перфорированные звукопоглощающие листы .....	55
2.3.3. Крупноформатные перфорированные гипсокартонные листы .....	56
2.3.4. Гипсокартонные листы с добавкой цеолита.....	57
2.3.5. Металлические кассетные потолки.....	58
2.3.6. Декоративно-акустические материалы на основе вспененных пластмасс .....	66
2.3.7. Натяжные потолки .....	69
2.3.8. Напыляемые акустические покрытия .....	72
Вопросы для самопроверки .....	74
<b>3. АКУСТИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ И ИНТЕРЬЕРНЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>75</b>
3.1. Каркасные перегородки .....	75
3.1.1. Характеристика каркасных перегородок .....	75
3.1.2. Повышение звукоизоляции перегородок.....	76
3.2. Звукоизоляция перекрытий .....	78
3.2.1. Конструкции междуэтажных перекрытий .....	78
3.2.2. Характеристика материалов для звукоизоляции перекрытий.....	79
3.2.3. Повышение звукоизоляции перекрытий .....	80
3.3. Акустические потолки .....	82
3.3.1. Потолочные системы .....	82
3.3.2. Монтаж акустических потолков .....	86
Вопросы для самопроверки .....	88
Заключение .....	89
Основные определения.....	90
Библиографический список .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

*Декоративно-акустические материалы* (ДАМ) как подкласс отделочных и акустических появились не так давно и позволяют решать практически все задачи, возникающие в современном строительстве при внутренней отделке помещений. Во-первых, это создание акустического комфорта, обусловленного как звукоизоляцией от наружных или структурных шумов, так и решением всех задач с распространением звука в помещении. Во-вторых, это обеспечение внешней выразительности интерьерных решений для стен и потолков, а также регулирование освещенности помещений и создание внутри них комфортного микроклимата. ДАМ находят широкое применение при монтаже подвесных, в том числе архитектурных, потолков и быстровозводимых легких строительных конструкций.

Быстровозводимые легкие строительные конструкции сегодня являются неотъемлемой составляющей современной архитектуры. В интерьерной отделке широкое распространение получили методы сухого строительства, основанные на применении штучных изделий (плит, панелей) из гипсокартонных, гипсоволокнистых листов, листов на основе минеральных, синтетических и целлюлозных волокон.

Современные акустические системы предлагают решения для потолков и стен, которые выполняют две основные функции. С одной стороны, широкий ассортимент звукопоглощающих листов обеспечивает бесконечное многообразие вариантов оформления и дизайна, благодаря которым общая эстетическая картина помещений и зданий становится особенно привлекательной. С другой стороны, звукопоглощающие свойства листов идеальны для проектирования и организации оптимальной акустики помещения. Бесшовные (сплошные) или растровые (модульные) потолки — для создания привлекательного дизайна. В сочетании с перфорированными листами открываются бесчисленные возможности для индивидуального оформления помещений акустическими системами.

В ассортиментной линейке акустических изделий также представлены длинномерные листы, которые чаще всего применяют для прихожих и коридорных зон, и специальные — для создания криволинейных поверхностей. Благодаря разнообразию перфораций возможно создать эксклюзивные дизайнерские решения.

Декоративно-акустические системы — это также функциональность и эстетика. Установка светильников, вентиляционных систем, инспекционных люков, динамиков и другого оборудования, а также аксессуаров легко осуществима. Акустические листы имеют длительный срок службы, в течение которого они могут быть перекрашены в любой цвет без изменения звукопоглощающих свойств потолков.

Акустические изделия относятся либо к группе негорючих материалов, либо к группе Г1. Большинство ДАМ, используемых в интерьерной отделке, имеют порог применения по влажности 70 % при 25 °С и предназначены для использования в офисах, общественных зданиях и других помещениях. В экстремальных условиях применяют специальные плиты с порогом по влажности 90 %. Такие изделия используют в помещениях с высокой влажностью и в помещениях с частыми и серьезными изменениями влажности воздуха.

В зависимости от назначения помещения необходимо подбирать декоративно-акустические панели с определенным уровнем светоотражения. На светоотражение акустических панелей влияют не только дизайн и вид перфорации (или ее отсутствие), но блеск и цвет краски, нанесенной на лицевую поверхность панели. Если краска, используемая для нанесения на акустические панели, обладает низким отблеском, то это обеспечивает ровное распределение света.

Современные акустические решения полностью соответствуют многочисленным требованиям к современному строительству: эстетичность, индивидуальность, экологичность, безопасность и длительный срок службы обеспечиваются в равной мере.

# 1. АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОМЕЩЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ

## 1.1. Основы проектирования акустики помещений

### 1.1.1. Акустическое проектирование

*Акустическое проектирование* — комплекс мероприятий, в процессе выполнения которого осуществляют обследование объекта с точки зрения его акустических характеристик; устанавливают конструкционные и акустические параметры объекта, по результатам которых проводят формирование моделей объекта, как физических, так и математических; осуществляют разработку технической документации на объект и согласование с институтами государственного контроля.

*Акустический проект* — официально утвержденный документ, самостоятельный или входящий в комплект проектной строительной документации объекта на правах специального раздела.

Данный вид проектирования охватывает вопросы архитектурно-строительной акустики, где под архитектурной акустикой понимают мероприятия по созданию требуемой акустической среды, а в компетенцию строительной акустики входят задачи звуко- и виброизоляции помещений различного рода и назначения.

#### *Архитектурная акустика*

Для целого ряда помещений хорошее звучание и акустический комфорт являются одним из обязательных требований, подобно наличию достаточного освещения или системы вентиляции. Это коммерческие и домашние кинотеатры, репетиционные залы, фойе общественных помещений, вестибюли вокзалов и аэропортов, переговорные комнаты, студийные помещения, спортивные залы, офисные помещения типа «open-air», учебные аудитории и т.д., где для достижения акустического комфорта необходимо одновременно решать несколько, часто противоречивых, акустических задач.

Полезный сигнал — звук функционального источника, систем оповещения или концертной и (или) звукоусилительной аппаратуры в помещениях — должен быть громким и качественным (разборчивым), а уровень шумов, естественным образом возникающих в таких помещениях, — низким и не утомляющим. Отдельные серьезные требования предъявляют к залам театров оперы и балета, а также к концертным залам, так как именно в них звучание музыки и голоса человека оказывает то эмоциональное воздействие на зрителей, ради которого сочиняли музыку и строили эти залы.

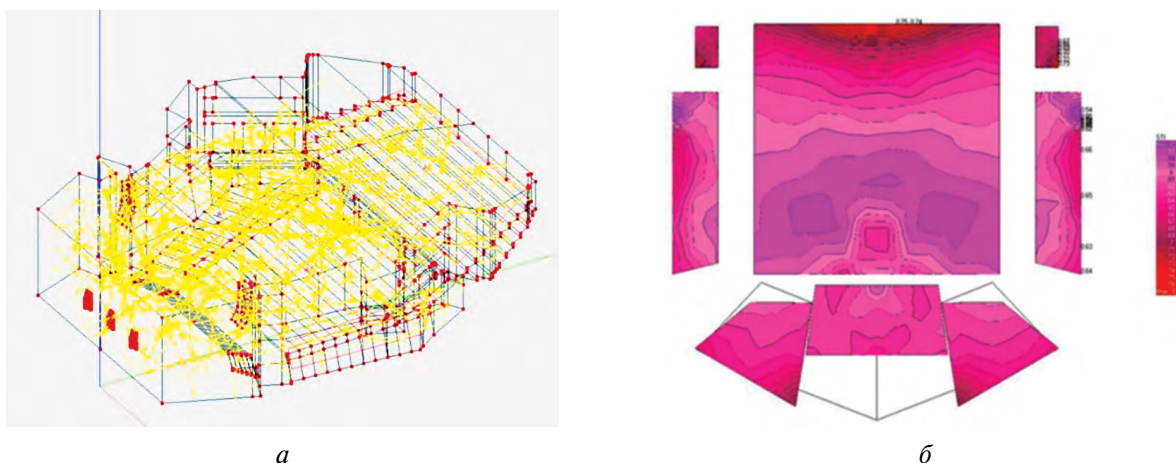


Рис. 1. Моделирование в программной среде EASE:

*а* — пример построения картины лучевого распространения звука в зале;  
*б* — распределение индекса речевой разборчивости RaSTI по зрительской зоне



Рис. 2. Физическая модель Большого зала Московской консерватории, масштаб 1:20

В истории архитектуры есть масса примеров, когда вроде бы построенные «по всем акустическим правилам» залы не звучат. Объяснением этому является то, что строительство музыкальных залов подобно тонкому искусству, когда результат зависит не только от хорошо проработанного проекта и правильно примененных материалов, но и от совокупности большого числа на первый взгляд малозначительных деталей (рис. 2). Для получения требуемого звучания важны не только пропорции, форма и определенное расположение материалов по ограждающим конструкциям. На конечный результат оказывают влияние даже шаг и сила, с которой шурупы крепят деревянные панели стен к каркасу. Поэтому только совместная работа архитектора, конструктора, технолога и инженера-акустика позволяет создать помещение, которое впоследствии может гордо именоваться храмом музыки.

### *Строительная акустика*

Современная городская среда часто не дружелюбна к человеку с точки зрения повышенных уровней шума и вибрации. Такие раздражающие факторы отрицательно сказываются на психоэмоциональном состоянии человека, а в долгосрочной перспективе оказывают негативное воздействие на его здоровье. Проектирование строящихся, а также капитальный ремонт и реконструкция существующих зданий должны выполняться с учетом условий создания благоприятной акустической среды для человека.

Требования к акустическому комфорту начинаются с генплана и заканчиваются на таких, казалось бы, мелочах, как дверные пороги или количество контуров уплотнения оконных коробок. Для тишины в доме важно все: толщина и материал стен и перегородок, наличие «плавающих полов» в перекрытиях, правильно смонтированные инженерное оборудование и трубопроводы, расположение вентиляционных каналов, шахт и т.д.

Задача грамотного проекта по строительной акустике — соединить в себе комплексные решения по звуко-, виброизоляции помещений, не только обеспечивающие санитарные требования действующих нормативных документов, но и создающие реальный акустический комфорт в помещениях.

Если согласно известному изречению «архитектура — это застывшая музыка», то *акустический дизайн* — это «ожившая музыка», комплексный перечень мероприятий и средств, позволяющих музыке в помещении звучать естественно и впечатляюще.

Акустический дизайн включает в себя согласованные с архитектором проекта объемно-планировочные решения пространства помещения с детальным перечнем применяемых материалов и конструкций. Акустический дизайн-проект увязывает в единое целое отделочные материалы и конструкции, инженерные системы, мебель, конструкции окон и дверей, занавесы и люстры, а также все другие большие и малые элементы интерьера, которые, безусловно, влияют на достигаемый результат — параметры акустической среды

и уровень акустического комфорта. В акустическом дизайне должны одновременно и гармонично сочетаться не в ущерб друг другу две функции — акустическая и эстетическая, усиливая положительное эмоциональное воздействие на слушателя.

Для выполнения *научно-акустических изысканий* необходим комплекс современных средств акустических измерений (система малых реверберационных камер, прецизионные шумомеры, источники шума, вибростенды и акустические интерферометры), а также квалифицированный персонал.

Компьютеризированная система измерений позволяет в течение часа получать данные об акустических характеристиках образцов звукоизолирующих или звукопоглощающих конструкций, что положительно сказывается на скорости, точности и эффективности принимаемых решений. Современные инженерные методики расчета (методы и программные средства расчета акустических характеристик строительных конструкций и помещений) позволяют существенно ускорить процесс проектирования, сделать его результаты более точными и надежными.

Для достижения запланированного результата в области архитектурно-строительной акустики важно не только принятие правильных инженерных решений, но и высокое качество выполнения строительно-монтажных работ. Затраты на работы по акустическому сопровождению оказываются всегда на порядок меньше расходов на переделку акустически неправильных строительных конструкций, если такие исправления вообще возможны. Таким образом, инженерно-акустическое сопровождение становится неотъемлемой частью *триады «хорошей акустики»: специальный материал — эффективная конструкция — качественное исполнение.*

### 1.1.2. Акустические системы. Основы расчета и проектирования

Большинство источников внутри помещений создают *воздушный шум* — продольные колебания воздуха, распространяющиеся как звуковые волны с переменным давлением. Продольные волны, достигая ограждающих помещение конструкций, инициируют их колебания, таким образом конструкции могут становиться источниками шума для соседних помещений.

Звуковые волны, возникающие в жестких конструкциях, называются *ударным*, или *структурным, шумом*. Такой шум может возникать в коммуникациях или в результате ударов по стенам или междуэтажному перекрытию. Источником подобного шума могут быть движение лифтов, использование мусоропроводов, шумы в трубах отопления или водоснабжения. Передача энергии в данном случае происходит за счет поперечных колебаний, инициированных распространением энергии звуковой волны в конструкциях.

В современных зданиях, если их возводят без соблюдения правил строительной акустики, возможно создание дискомфортных акустических условий, обусловленных увеличением жесткости сопряжения конструкций в стыках, применением материалов с низким коэффициентом внутреннего трения, снижением массы ограждений. Неплотности сопряжения в конструкциях, наличие отверстий, щелей и каналов создают благоприятные условия для распространения воздушного шума.

#### *Распространение звуковых волн в помещении*

В помещении звуковые волны распространяются от источника (излучателя) во всех направлениях до встречи с препятствиями и ограждениями. Волны многократно отражаются от ограждений или препятствий (рис. 3). Воздушный объем в помещении под действием отраженных и прямых волн приходит в состояние колебательного движения, ослобленного, как правило, конвективным переносом воздуха.

Воздух находится в объеме, ограниченном замкнутыми поверхностями, которые в какой-то мере поглощают и в какой-то мере отражают падающую энергию. Объем возду-

ха и ограждающие этот объем поверхности с физической точки зрения представляют собой *линейную колебательную систему*.

Подобная система за счет совокупного присутствия прямых и отраженных волн имеет практически непрерывный спектр колебаний собственных частиц, для каждого из элементов которого характерна собственная быстрота затухания колебаний.

Как правило, размеры офисов, аудиторий и залов значительно превышают длины звуковых волн, и собственные частоты колебаний частиц такой системы располагаются настолько плотно, что делает возможным для любой составляющей спектра источника шума возбуждать множественные ряды собственных колебаний объема.

Основой современных теорий распространения шумов в помещении является статистическая теория переноса звука. Основным концептуальным понятием этой теории считается понятие о диффузионном звуковом поле — изотропном и однородном. *Изотропность* диффузионного звукового поля заключается в предположении равенства средних потоков энергии по всем направлениям, *однородность* — характеризует возможность равномерного распределения звуковой энергии по объему помещения. Отметим, что это положение о диффузности идеализировано и в реальных системах не соблюдается.

Согласно статистической теории распространения звука, после включения источника шума процесс возрастания звуковой энергии происходит по закону

$$D(t) = \frac{4P}{cA} \left[ 1 - \exp\left(\frac{cF}{4V} t \ln(1-\alpha)\right) \right], \quad (1)$$

где  $P$  — звуковая мощность источника шума, Вт;  $c$  — скорость звука в воздухе;  $A$  — звукопоглощение в помещении,  $m^2$ ,  $A = \alpha F$ ;  $F$  — общая площадь ограждающих поверхностей,  $m^2$ ;  $V$  — объем помещения,  $m^3$ ;  $t$  — время, с;  $\alpha$  — средний коэффициент звукопоглощения.

Через некоторое время в объеме помещения, ограниченном отражающими поверхностями, наступает равновесное состояние, для которого характерным является равенство поглощаемой в помещении энергии и энергии, излучаемой источником. В этом случае плотность энергии стремится к постоянной (стационарной) величине:

$$D_0 = 4P / cA. \quad (2)$$

После выключения источника шума формируется обратный процесс; продолжается поглощение звуковой энергии ограничивающими помещением поверхностями:

$$D(t) = D_0 \exp\left[\frac{cF}{4V} t \ln(1-\alpha)\right]. \quad (3)$$

Характеристикой обратного процесса является время реверберации  $T$ . Это время соответствует такому состоянию системы, когда плотность звуковой энергии уменьшается в  $10^6$  раз. Из формулы (1) определяют время реверберации и получают формулу Эйринга:

$$T = \frac{0,163V}{S \ln(1-\alpha)}. \quad (4)$$

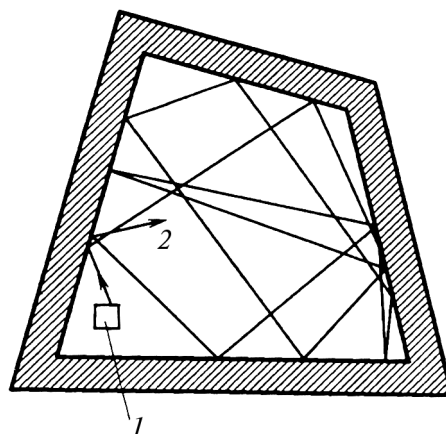


Рис. 3. Формирование «диффузности» звукового поля:  
1 — источник шума; 2 — путь звука

Для значений среднего коэффициента звукопоглощения ( $\alpha$ ), не превышающих 0,2, т.е. без применения эффективных звукопоглощающих материалов), вид формулы Эйринга упрощается, получается формула Сэбина:

$$T = 0,163 / \alpha S. \quad (5)$$

Следует учитывать особенности поглощения и диссипации (рассеивания) звуковой энергии на частотах свыше 2000 Гц: поглощение происходит как в результате отражений звуковых волн, так и на путях свободного пробега волн за счет вязкости воздуха и его теплопроводности. В натуральных испытаниях оценка снижения энергии звуковых волн, а также определение эквивалентной площади звукопоглощения осуществляют измерением коэффициента реверберации в помещении.

Если в помещении расположен источник шума звуковой мощностью  $L_p$  (дБ), то расчет уровней звукового давления в этом помещении осуществляют по формуле

$$L = L_p - 10 \lg A + 6. \quad (6)$$

В реальных помещениях с источником шума формируется звуковое поле, структура которого отличается от идеального. В частности, не соблюдается постулат о диффузности звукового поля: изотропность и однородность звукового поля не являются характерными для реальных помещений.

Аналитическая оценка величины плотности звуковой энергии ( $D$ ) в каждой точке помещения осуществляется из условия аддитивности. Плотность звуковой энергии раскладывают на две компоненты: на плотность звуковой энергии в прямой волне ( $D_1$ ), приходящей от источника шума в точку приема (излучаемая энергия), и на плотность энергии ( $D_2$ ), приносимой в эту точку всей совокупностью отраженных от ограждений звуковых волн.

Общую плотность энергии устанавливают по формуле

$$D_0 = D_1 + D_2 = \frac{P}{4\pi r^2 c} + \frac{4P}{cB}, \quad (7)$$

где  $B$  — постоянная помещения,  $B = A / (1 - \alpha / F)$ .

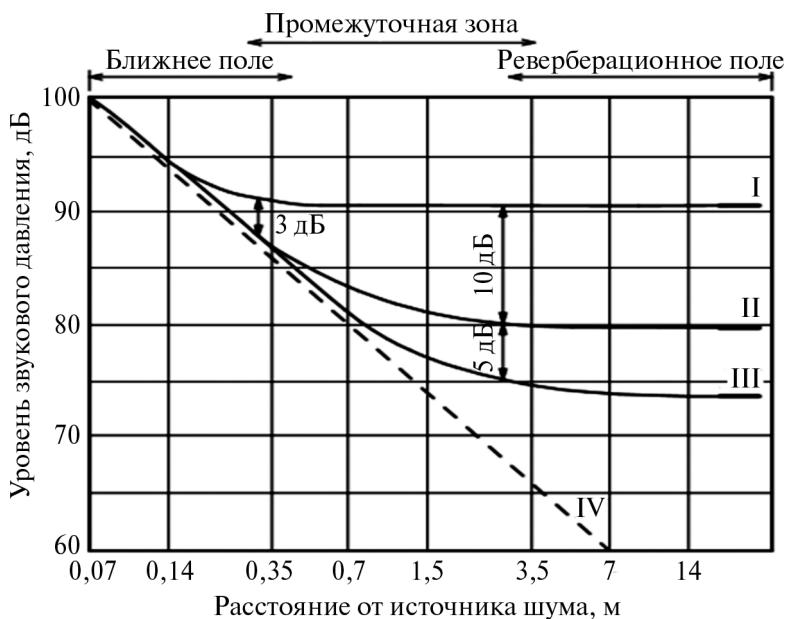


Рис. 4. Снижение шума при увеличении расстояния в реальных помещениях: I — помещение без звукопоглощающей облицовки; II — облицовка на потолке; III — облицовка на стенах и потолке; IV — свободное поле, снижение на 6 дБ при удвоении расстояния

Формулу (2) по физическому смыслу можно интерпретировать следующим образом (рис. 4). В пределах граничного радиуса ( $r_{гр}$ ), т.е. вблизи от источника звука мощностью  $P$ , происходит уменьшение уровня звука на 6 дБ при увеличении расстояния в 2 раза. В идеальном звуковом поле для расстояний, превышающих граничный радиус, уровень звука должен был остаться практически постоянным. В условиях реальных звуковых полей имеет место непрерывное уменьшение уровня также и при расстояниях ( $r$ ), значительно превышающих  $r_{гр}$ . Это объясняется тем, что в большинстве случаев реальное звуковое поле не является диффузным, а также необходимо учитывать внутреннее трение и теплопроводность воздуха, равно как и то, что большинство источников излучают несферические волны.

### *Звукоизоляция от воздушного шума*

Наиболее эффективным инженерным приемом, обеспечивающим звукоизоляцию от воздушного шума, является устройство на пути распространения звуковых волн различных преград — стен, перегородок, перекрытий, звукоизолирующих кожухов и пр. Коэффициент звукопроницаемости преграды  $\tau$  определяет степень защиты от воздушного шума. Этот коэффициент рассчитывают, как отношение звуковой мощности ( $P_{пр}$ ), прошедшей через ограждение, к звуковой мощности, падающей на него ( $P_{пад}$ ):

$$\tau = P_{пр} / P_{пад} = p_{пр}^2 / p_{пад}^2, \quad (8)$$

где  $p_{пр}$ ,  $p_{пад}$  — соответственно звуковые давления в прошедшей и падающей волнах.

Звукоизолирующую способность ограждения от воздушного звука  $R$  для диффузного звукового поля рассчитывают по формуле

$$R = 10 \lg (1 / \tau). \quad (9)$$

Звукоизолирующую способность преграды от прямого воздушного шума ( $R$ , дБ) определяют с учетом средних уровней звукового давления в изолируемом помещении с источником звука ( $L_1$  и  $L_2$ ) и логарифма отношения общей площади ограждающих поверхностей ( $F$ ) общего звукопоглощения помещения ( $A$ ):

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg (F / A). \quad (10)$$

Конструктивно ограждающие конструкции подразделяют на одно- и многослойные.

*Однослойные ограждения* могут состоять из однородного строительного материала или из нескольких слоев однотипных (по физической природе и акустическим характеристиками) материалов, жестко соединенных между собой; типа кладки из крупноформатных керамических камней с внешней верстой из лицевого кирпича или кирпичной кладки с оштукатуриванием.

Конструкции *многослойных ограждений* формируются из слоев однородных строительных материалов, близких или отличных по акустическим характеристикам, не имеющих друг с другом жесткой связи. Промежуток между слоями либо оставляют свободным, либо заполняют эффективной изоляцией, как правило, минераловатными мягкими плитами. По факту, связи между слоями все же имеют место, но в их конструктивных решениях рекомендуются демпфирующие звукоизоляционные прокладки.

**Звукоизоляция с помощью однослойных ограждений.** В первую очередь она зависит от их *поверхностной плотности* ( $m$ , кг/м<sup>2</sup>) — массы единицы площади ограждения. Также определенную роль играют модуль упругости материала ограждения  $E$  и коэффициент потерь  $\eta$ . На рис. 5 показана зависимость фактических индексов изоляции воздушного шума  $R_w$  однослойных стен и перекрытий от поверхностной плотности.



Если рассматривать частотную характеристику звукоизоляции, то на низких частотах (порядка нескольких десятков Гц) звукоизолирующая способность ограждения зависит от жесткости ограждения, его массы, а также от внутреннего трения в материале. В случае возникновения в однослойном ограждении резонансных явлений само ограждение становится источником звука, передаваемого в соседние помещения.

Значительные вибрации вблизи первых частот собственных колебаний предполагают незначительные величины звукоизоляции ограждения. Этот диапазон частот не представляет особо практического интереса, поскольку лежит ниже нормируемого диапазона (от 63 Гц).

Влияние жесткости конструкции при этом незначительно. В этом случае звукоизоляцию определяют по так называемому закону массы:

$$R = 20 \lg (mf) - 47,5, \quad (11)$$

где  $f$  — частота колебаний, Гц.

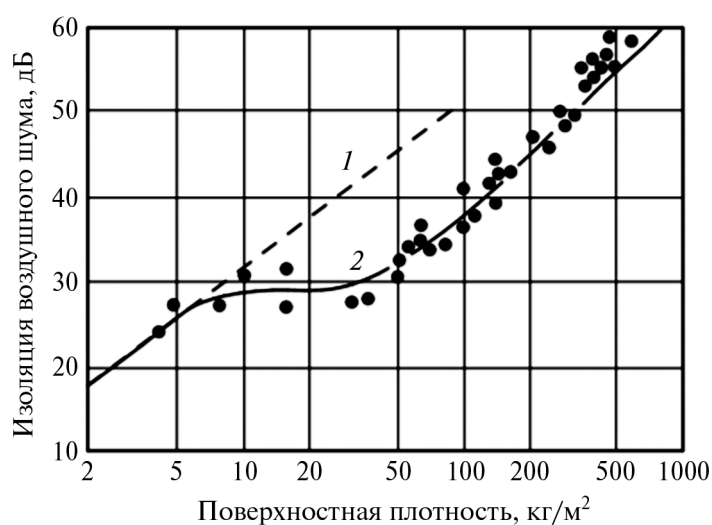


Рис. 5. Зависимость изоляции воздушного шума  $R_w$  от поверхностной плотности  $m$ :

1 — при очень малой изгибной жесткости или очень большом внутреннем затухании;

2 — при большой жесткости

Для диапазона частот, в котором справедлива формула (4), величина звукоизоляции увеличивается при каждом удвоении массы и частоты на 6 дБ.

Характер звукоизоляции меняется с определенной частоты: когда амплитуды колебаний возрастают, а в некоторых областях частот становятся настолько велики, что уровень звукоизоляции резко снижается. Таким образом возникает пространственный резонанс в колебательной системе, обусловленной совпадением частот вынужденных колебаний (приходящих со звуковыми волнами) и собственных колебаний системы или конструкции. На примере стены (в качестве расчетной модели принимают плиту и ее геометрические характеристики) акустический резонанс возникает при совпадении (равенстве) длины волны изгиба плиты и следа падающей на ограждение звуковой волны при одной и той же частоте колебаний.

Наименьшая частота, обуславливающая резонанс и падение звукоизолирующей способности, соответствует падению звуковой волны вдоль плиты ( $\Theta = 90^\circ$ ). Эта частота  $f_{гр}$  называется *границной* (критической). Ее находят из условия, что длина падающей волны ( $\lambda$ ) равна длине волны колебания плиты ( $\lambda_{пл}$ ) и для сплошных плит толщиной  $h$ , м, равна

$$f_{гр} = c^2 / 1,8c_{пл}h, \quad (12)$$

где  $c$  — скорость звука в воздухе, м/с;  $c_{пл}$  — скорость продольной волны в плите, м/с.

Каждой частоте выше граничной соответствуют определенные условия (как функция амплитуды, угла падения и стояния среды), при которых возникают волновые совпадения, и плита становится звукопроницаемой в наибольшей степени. Поэтому звукоизолирующие качества массивных ограждений определяются явлением волнового совпадения.

Для оценки зависимости звукоизоляции  $R$  от частоты большое значение имеет положение на оси частот граничной частоты (рис. 6). У тонких ограждений вблизи граничной частоты звукоизоляция сильно уменьшается, у толстых ограждений (с поверхностной плотностью 100–400 кг/м<sup>2</sup>) резонансный участок кривой становится линейным и может быть представлен в упрощенном виде (рис. 7). При ориентировочных расчетах индекс изоляции воздушного шума  $R'_w$  массивных каменных ограждений определяют по графику (рис. 8).

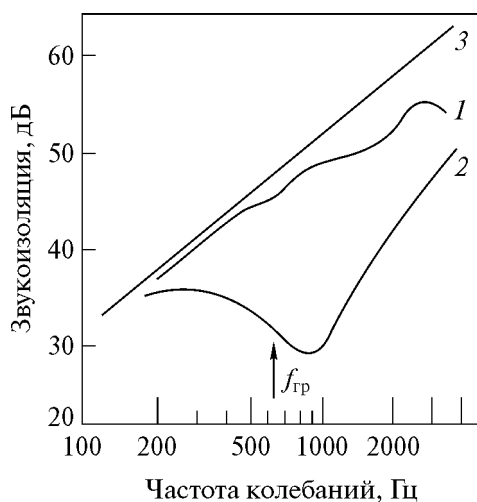


Рис. 6. Влияние изгибной жесткости на звукоизоляцию  $R$  однородных плит при различных частотах  $f$ :

1 — мягкая плита из резины толщиной 42 мм (поверхностная плотность 55 кг/м<sup>2</sup>); 2 — бетонная плита толщиной 25 мм (поверхностная плотность 55 кг/м<sup>2</sup>); 3 — теоретическая кривая для мягкой плиты;  $f_{гр}$  — граничная частота бетонной плиты для кривой 2

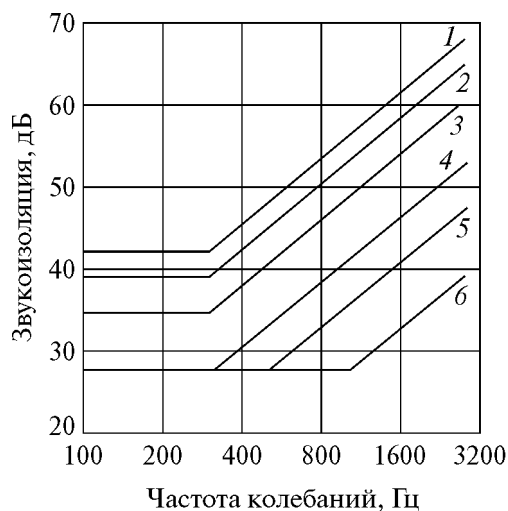


Рис. 7. Зависимость звукоизоляции от частоты колебаний для стен с различной поверхностной плотностью (для каменных и бетонных материалов), кг/м<sup>2</sup>:

1 — 400; 2 — 300; 3 — 200;  
4 — 100; 5 — 60; 6 — 30

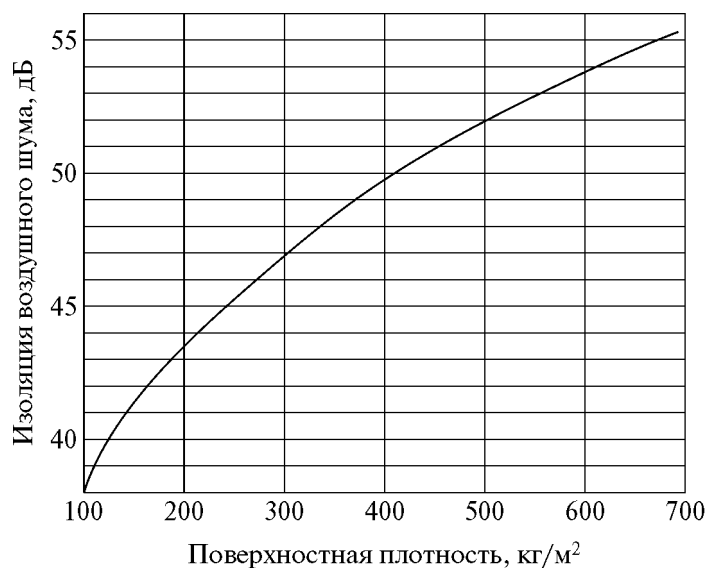


Рис. 8. Зависимость индекса изоляции воздушного шума  $R'_w$  однослойных массивных ограждений от их поверхностной плотности  $m$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)