**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЛАВАЮЩИХ ПОЛОВ И В ДРУГИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА И ВИБРАЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Москва 2018

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……..4
1 Область применения ……..8
2 Нормативные ссылки ……..9
3 Термины и определения ……11
4 Общие положения ……..16
5 Методы определения индекса изоляции воздушного шума R_w, дБ, ограждениями зданий ……24
6 Методы определения индекса приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ, перекрытиями зданий ……31
7 Нормирование изоляции воздушного и ударного шума внутренними ограждениями зданий ……38
8 Нормирование звукоизоляции наружных ограждающих конструкций ……40
9 Субъективная оценка снижения шума звукоизолирующим ограждением ……43
10 Расчет требуемой звукоизоляции ограждений ……44
11 Структура разделов, содержащих сведения по типовым техническим решениям ограждающих конструкций зданий ……51
12 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве перекрытий с плавающими полами, а также полами других типов ……55
13 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий ……92
14 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения ……142
15 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий ……169
Приложение А (обязательное). Нормативные требования к изоляции воздушного и ударного шума ограждающими конструкциями зданий (выписка из СП 51.13330.2011 («СНиП 23-03-2003 Защита от шума»)……182
Приложение Б (справочное). Перечень акустических материалов и конструктив-

ных элементов, рекомендуемых для обеспечения нормативной звуковиброизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий на основе типовых технических решений ……185
Приложение В (справочное). Примеры расчета звукоизоляции ограждающих конструкций, обеспечивающих выполнение нормативных требований к звуковиброизоляции при проектировании и строительстве жилых, общественных и промышленных зданий……..205
Заключение……..218

Введение

Одним из существенных параметров помещений в жилых, общественных и промышленных зданиях является звукоизоляция ограждений помещений (стены, перегородки, перекрытия, окна, двери), от которой зависит степень акустического комфорта в помещениях. Формирование звукоизоляции происходит на всех стадиях создания здания, начиная с его проектирования, изготовления конструктивных элементов и заканчивая возведением и отделкой здания. Особо важное значение для звукоизоляции имеет стадия проектирования здания, потому что ошибки, допущенные на этой стадии потом в процессе строительства будет трудно или вообще невозможно исправить.

Уже на стадии архитектурно-планировочного решения здания необходимо размещать звукоизолируемые помещения как можно дальше от источников шума и вибрации (лифтовых шахт, мусоропроводов, вентиляционных камер, санузлов и т.п.) не только по горизонтали, но и по вертикали здания. Чем ближе расположен источник, тем сложнее и дороже будут последующие звукоизоляционные мероприятия. В некоторых случаях расположение в непосредственной близости от защищаемых помещений мощных источников шума приводит к невозможности использования этих помещений по назначению и их последующему перепрофилированию.

Необходимость обеспечения нормативной звукоизоляции ограждений помещений существенно влияет на выбор конструктивных параметров этих ограждений, их структуру, стоимость, трудоемкость строительства.

Сегодня существует целый ряд специальных материалов и технологий, предназначенных для обеспечения нормативной звукоизоляции ограждающих конструкций. Это устройство конструкции плавающего пола, монтаж звукоизоляционного подвесного потолка, возведение дополнительных звукоизоляционных облицовок стен и др.

Все эти методы обладают достаточно высокой эффективностью, но требуют довольно больших финансовых затрат на специальные материалы и монтажные работы.

При этом нередко возникают ситуации, когда стремление к существенному улучшению звукоизоляционных характеристик ограждений ведет к заметному удорожанию строительного объекта, увеличению его материалоемкости. Поэтому приходится искать оптимальное решение путем оценки различных проектных вариантов, а для этого, в частности, необходимы достаточно надежные и в то же время относительно простые инженерные методы расчета и оценки звукоизоляции воздушного и ударного шума строительными конструкциями.

В целях решения указанных задач и реализации требований, установленных в Федеральных законах от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30.12.2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» НИИСФ РААСН совместно с ООО «Техносонус» разработал настоящее Методическое пособие, в котором приведены основные принципы проектирования, методики расчета и типовые технические решения звуковиброизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий.

Одной из целей разработки данного Методического пособия являлось создание типовой проектной базы для внедрения в отечественную строительную практику звукоизолирующих систем, обеспечивающих сочетание эффективных решений задач по снижению шума с высококачественной отделкой помещений на основе применения современных материалов, получивших широкое распространение в практике отечественного и зарубежного строительства, имеющих надлежащие пожарно–технические и высокие эксплуатационные характеристики.

Методическое пособие разработано в развитие положений СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003 Защита от шума»; СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции»; СП 29.13330-2011 «СНиП 2.03.13–88 Полы»; СП 44.13330-2011 «СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания»; СП 54.13330.2016 «СНиП 310-01-2003 Здания жилые многоквартирные»; СП 55.13330-2016 «СНиП 31-02-2001 Дома жилые одноквартирные»; СП 56.13330-2011 «СНиП 31-03-2001 Производственные здания»; СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения» и других нормативных документов, перечисленных в п. 4.2.

При разработке Методического пособия были учтены результаты теоретических и натурных исследований в области звукоизоляции, проводившихся научно-исследовательскими и строительными организациями, в том числе и НИИСФ РААСН.

7 Задачами разработки Методического пособия являлись:

- детализация и разъяснения положений СП 51.13330.2011 и других нормативных документов, необходимых для принятия инженерных решений и разработки рабочих чертежей ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий;

- разъяснение особенностей механизмов передачи воздушного, ударного и структурного шума через внутренние ограждающие конструкции жилых, общественных и промышленных зданий;

- рассмотрение методических основ расчета и оценки звукоизоляции различных ограждений жилых, общественных и промышленных зданий;

- разъяснение основных принципов проектирования звукоизоляции различных видов ограждающих конструкций зданий;

- демонстрация типовых технических решений по звукоизоляции междуэтажных перекрытий с полами различных типов; внутренних стен и перегородок; подвесных потолков; мест прохода коммуникаций через ограждения зданий;

- рекомендации по использованию различных акустических материалов и конструктивных элементов при проектировании звуковиброизоляции ограждающих конструкций зданий на основе типовых технических решений.

В конечном итоге применение настоящего Методического пособия даст проектировщикам механизм для более грамотного и рационального проектирования звукоизоляции в соответствии с положениями, заложенными в строительных нормах и правилах, позволит повысить качество выполняемых проектных работ, сократить сроки и снизить стоимость проектирования и строительства за счет использования типовых практических подходов к выполнению работ на основе унифицированных методик и технологий, а также станет основой для проведения независимых экспертных оценок выполненных работ, что приведет к снижению рисков возник-

новения аварийных ситуаций и повышению безопасной эксплуатации строительных объектов.

Примечание – В данном Методическом пособии под ограждающими конструкциями понимаются перекрытия с различными типами полов, в частности, с плавающими полами; стены и перегородки, в том числе со звукопоглощающей облицовкой; подвесные потолки, Сюда же примыкают вопросы грамотного проектирования звуковиброизоляции мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции (труб холодного и горячего водоснабжения, отопления, воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования воздуха, электропроводки и т.п.).

Методическое пособие разработано следующим авторским коллективом: инженеры В.А. Аистов, Н.А. Минаева, Г.Н. Михеева, М.А. Пороженко, М.Ю. Смоляков, д. т. н. И.Л. Шубин, к.т.н. В.А. Смирнов (НИИСФ РААСН); инженеры С.В. Корнев, Д.В. Шилов (ООО «ТЕХНОСОНУС»).

1 Область применения

1.1 Содержащиеся в данном Методическом пособии типовые технические решения основных узлов, применяемых при решении проблем снижения шума методами звукоизоляции, рекомендуются для применения при проектировании и строительстве, в том числе при реконструкции и реставрации жилых, общественных и производственных зданий и сооружений любого назначения, с целью улучшения звукоизоляции ограждающих конструкций.

1.2 Методическое пособие предназначено для применения его специалистами проектных организаций; государственных и иных органов экспертизы и согласования; органов лицензирования и сертификации; организаций–разработчиков и поставщиков строительных материалов и конструкций; экологических служб организаций; контрольно–надзорных органов, чья деятельность связана с проектированием, сооружением и контролем качества ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий.

Методическое пособие призвано обеспечить специалистов организационно–методическими материалами по реализации нормативных требований к звуковиброизоляции ограждающих конструкций зданий, приведенных в строительных нормах и сводах правил.

2 Нормативные ссылки

При разработке методического пособия были учтены основные положения указанных ниже правовых актов РФ, стандартов, сводов правил:

- ФЗ РФ от 30.12.2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

- ФЗ РФ от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»

- ФЗ РФ от 22.06.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

- ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений»

- ГОСТ 17187-2010 (IEC 61672-1:2002). «Шумомеры. Часть 1. Технические требования»

- ГОСТ 23499-2009 «Материалы и изделия строительные звукопоглощающие и звукоизоляционные. Классификация и общие технические условия»

- ГОСТ 27296-2012 «Здания и сооружения. Методы измерения звукоизоляции ограждающих конструкций»

- ГОСТ 31706-2011 «Материалы акустические, применяемые в плавающих полах жилых зданий. Метод определения динамической жесткости»

- ГОСТ Р 56769-2015 (ИСО 717-1:2013) «Здания и сооружения. Оценка звукоизоляции воздушного шума»

- ГОСТ Р 56770-2015 (ИСО 717-2:2013). «Здания и сооружения. Оценка звукоизоляции ударного шума»

- ГОСТ Р ЕН 12354-1-2012 «Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 1. Звукоизоляция воздушного шума между помещениями»

- ГОСТ Р ЕН 12354-1-2012 «Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 2. Звукоизоляция ударного шума между помещениями»

- ГОСТ Р ЕН 12354-1-2012 «Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 3. Звукоизоляция

внешнего шума»

- СП 29.13330-2011 «СНиП 2.03.13-88 Полы»

- СП 44.13330-2011 «СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания»

- СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003 Защита от шума»

- СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»

- СП 55.13330-2016 «СНиП 31-02-2001 Дома жилые одноквартирные»

- СП 56.13330-2011 «СНиП 31-03-2001 Производственные здания»

- СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения»

- СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции»

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»

Примечание – При пользовании настоящим методическим пособием целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории государства по действующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем методическом пособии применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **испытательный комплекс:** два смежных по горизонтали реверберационных помещения (помещение высокого уровня и помещение низкого уровня) с испытательным проемом в разделительной стене между ними, в котором устанавливают испытуемый образец для определения его звукоизолирующих свойств.

3.2 **помещение высокого уровня:** испытательное помещение, в котором установлен источник шума.

3.3 **помещение низкого уровня:** испытательное помещение без источника шума, смежное с помещением высокого уровня.

3.4 **испытуемый образец:** ограждающая конструкция в сборе или ее фрагмент, пригодные для испытаний, технические характеристики которых полностью соответствуют конструкторской и эксплуатационной документации.

3.5 **измерительная точка:** место, в котором размещают измерительный микрофон или шумомер и проводят измерение шума.

3.6 **уровень звукового давления, дБ:** десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления, равного $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

3.7 **октавный (третьоктавный) уровень звукового давления, дБ**: уровень звукового давления в октавной (третьоктавной) полосе частот.

3.8 **средний уровень звукового давления в помещении L_m, дБ:** величина, равная десяти десятичным логарифмам отношения усредненных в пространстве и времени квадратов значения звукового давления, измеренного при стандартных временной и частотной характеристиках измерительной системы по ГОСТ 17187, к квадрату опорного звукового давления, равного $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, причем пространственное усреднение выполняется по всему помещению, за исключением областей, в которых наблюдается существенное влияние прямого звука источника шума или ближнего поля ограждающих поверхностей помещения.

3.9 **уровень звука, дБА:** энергетическая сумма октавных (или третьокавных) уровней звукового давления в нормируемом диапазоне частот, откорректированных по частотной характеристике *А* шумомера по ГОСТ 17187.

3.10 **эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА**: уровень звука постоянного шума, который имеет то же самое среднеквадратическое звуковое давление, что и исследуемый непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

3.11 **звуковая мощность, Вт**: количество энергии, излучаемой источником шума в единицу времени.

3.12 **уровень звуковой мощности, дБ**: десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности к опорной звуковой мощности, равной $W_o = 10^{-12}$ Вт.

3.13 **допустимый уровень шума**: уровень шума, который при воздействии в течение длительных периодов времени не приводит к существенным изменениям показателей функционального состояния систем и анализаторов организма человека.

3.14 **время реверберации *Т*, с:** время, требуемое для снижения уровня звукового давления в помещении на 60 дБ после выключения источника шума.

3.15 **коэффициент звукопоглощения α**: отношение величины не отраженной поверхностью звуковой энергии к величине падающей на поверхность энергии.

3.16 **средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}$**: отношение суммарной эквивалентной площади звукопоглощения в помещении $A_{сум}$ (включая поглощение всех поверхностей, оборудования и людей) к суммарной площади всех поверхностей помещения.

3.17 **эквивалентная площадь звукопоглощения *А*, м^2:** площадь поверхности с коэффициентом звукопоглощения, равным единице, которая поглощает такое же количество звуковой энергии, как и все вместе взятые поверхности ограждающих конструкций помещения.

3.18 **изоляция воздушного шума *R*, дБ:** величина, равная десяти десятичным логарифмам отношения звуковой мощности, падающей на испытуемую ограждающую конструкцию со стороны помещения высокого уровня, к звуковой мощно-

сти, излучаемой другой стороной испытуемой ограждающей конструкции в помещение низкого уровня.

3.19 **фактическая изоляция воздушного шума R', дБ:** величина, равная десяти десятичным логарифмам отношения звуковой мощности, падающей на испытуемую ограждающую конструкцию со стороны помещения высокого уровня, к полной звуковой мощности, переданной в помещение низкого уровня, в том числе и по обходным путям, т.е. с учетом косвенной передачи звука.

3.20 **частотная характеристика изоляции воздушного шума $R(f)$ или $R'(f)$ ограждающей конструкцией, дБ:** значения изоляции воздушного шума R или фактической изоляции воздушного шума R' ограждающей конструкцией в каждой из третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами f, Гц, в диапазоне от 100 до 3150 Гц или в каждой из октавных полос со среднегеометрическими частотами от 125 до 4000 Гц, представляемые в табличной или графической форме.

3.21 **индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ:** величина, служащая для одночисловой оценки изоляции воздушного шума испытуемой ограждающей конструкцией. Определяется путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума, полученной при отсутствии косвенной передачи звука, со специальной оценочной кривой, дБ.

3.22 **индекс фактической изоляции воздушного шума R'_w, дБ:** величина, служащая для одночисловой оценки изоляции воздушного шума испытуемой ограждающей конструкцией, полученной при наличии косвенной передачи звука. Определяется путем сопоставления частотной характеристики изоляции воздушного шума, полученной при наличии косвенной передачи звука, со специальной оценочной кривой, дБ.

3.23 **член спектральной адаптации C, C_{tr}:** значение в децибелах, прибавляемое к индексу изоляции воздушного шума для учета характеристик соответствующего звукового спектра – спектра № 1 (A-корректированный розовый шум) для вычисления C и спектра № 2 (A-корректированный шум потока городского транспорта) для вычисления C_{tr}.

3.24 **изоляция ударного шума перекрытием:** величина, характеризующая снижение ударного шума перекрытием.

3.25 **приведенный уровень ударного шума под перекрытием L_n , дБ:** Средний уровень звукового давления в помещении под перекрытием при работе наверху перекрытия ударной машины, определяемый с учетом звукопоглощения в нижнем помещении и приведенный к стандартной эквивалентной площади звукопоглощения, равной 10 м^2.

3.26 **фактический приведенный уровень ударного шума под перекрытием L'_n , дБ:** средний уровень звукового давления в помещении под перекрытием при работе наверху перекрытия ударной машины и при наличии косвенной передачи звука, определяемый с учетом звукопоглощения в нижнем помещении и приведенный к стандартной эквивалентной площади звукопоглощения, равной 10 м^2.

3.27 **стандартизованный приведенный уровень ударного шума под перекрытием L'_{nT} , дБ:** средний уровень звукового давления в помещении под перекрытием при работе наверху перекрытия ударной машины и при наличии косвенной передачи звука, приведенный к стандартному времени реверберации, равному 0,5 с.

3.28 **частотная характеристика приведенного уровня ударного шума $L_n(f)$ или фактического приведенного уровня ударного шума $L'_n(f)$, или стандартизованного приведенного уровня ударного шума $L'_{nT}(f)$ под перекрытием, дБ:** Значения приведенных L_n или фактических приведенных L'_n, или стандартизованных приведенных L'_{nT} уровней ударного шума под перекрытием в каждой из третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами f в диапазоне от 100 до 3150 Гц, или в каждой из октавных полос со среднегеометрическими частотами f от 125 до 4000 Гц, представляемые в табличной или графической форме.

3.29 **индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} , дБ:** величина, служащая для одночисловой оценки изоляции ударного шума перекрытием. Определяется путем сопоставления частотной характеристики приведенного уровня ударного шума под перекрытием, полученной при отсутствии косвенной передачи звука, со специальной оценочной кривой, дБ.

3.30 **индекс фактического приведенного уровня ударного шума L'_{nw}, дБ:** величина, служащая для одночисловой оценки изоляции ударного шума перекрытием. Определяется путем сопоставления частотной характеристики фактического приведенного уровня ударного шума под перекрытием, полученной при наличии косвенной передачи звука, со специальной оценочной кривой, дБ.

3.31 **индекс стандартизованного приведенного уровня ударного шума L'_{nTw}, дБ:** величина, служащая для одночисловой оценки изоляции ударного шума перекрытием. Определяется путем сопоставления частотной характеристики стандартизованного приведенного уровня ударного шума под перекрытием, полученной при наличии косвенной передачи звука, со специальной оценочной кривой, дБ.

3.32 **индекс улучшения изоляции ударного шума покрытием пола ΔL_y, дБ:** величина, служащая для оценки одним числом улучшения изоляции ударного шума при устройстве покрытия пола.

3.33 **член спектральной адаптации для ударного шума C_1:** значение в децибелах, прибавляемое к индексу изоляции приведенного уровня ударного шума для учета частотно некорректированного линейного уровня ударного шума для типичных спектров шума шагов.

3.34 **звукоизоляция оконного или дверного блока $R_{Атран}$, дБА**: величина, служащая для оценки одним числом изоляции внешнего шума, создаваемого городским транспортом, при передаче его внутрь помещения через окно или балконную дверь.

4 Общие положения

4.1 Одна из функций ограждающих конструкций жилых и общественных зданий состоит в защите помещений зданий от излишнего проникания внутридомовых и внешних шумов в жилые и иные помещения с нормируемым шумовым режимом.

Источники шума в зданиях могут возбуждать три вида шумов:

- воздушный шум, который излучается источником непосредственно в воздух (речь, музыка, радио, телевидение, бытовые электроприборы и др.);

- ударный шум, который возникает при воздействии на перекрытие (ходьба людей, передвижение мебели, игры детей, падение предметов);

- структурный шум, возникающий при работе инженерного и технологического оборудования здания, а также при ударном воздействии на перекрытия. Структурный шум передается в помещения через узлы примыкания стен и перекрытий друг к другу, а также через коммуникации (трубы отопления, водопроводные, канализационные трубы, воздуховоды и др.), проходящие через помещения.

4.2 В зданиях воздушный шум из помещения с источником или источниками шума может передаваться в соседнее изолируемое от шума помещение различными путями:

- звуковые волны, возбуждаемые источником шума в одном помещении, воздействуя на ограждение, отделяющее это помещение от соседнего помещения, вызывают колебания этого ограждения, которое в свою очередь вызывает воздушные колебания в соседнем помещении; такой путь передачи шума является прямым путем передачи, его уровень зависит прежде всего от звукоизолирующих свойств ограждения;

- звуковые волны от источника шума воздействуют одновременно и на остальные стены и перекрытия шумного помещения, которые, передавая колебательный процесс на контактирующие с ними строительные конструкции, вызывают в изолируемом помещении дополнительный шум; такие пути передачи шума называются косвенной передачей звука;

- звуковые волны из помещения с источником шума могут передаваться в соседнее изолируемое помещение через отверстия и щели, которые могут быть в ограждении, разделяющем помещение с источником шума и изолируемое помещение.

4.3 Ударный шум наблюдается в нижнем помещении, которое находится непосредственно под перекрытием, разделяющем верхнее помещение (с источниками ударного шума) и нижнее помещение. Также он может передаваться в другие нижние помещения, соседние с основным нижним помещением. Возможны также случаи, когда ударный шум передается по ограждающим конструкциям от перекрытия нижнего этажа в расположенный над ним этаж и в более высокие этажи.

4.4 Структурный шум передается в виде вибрации как через различные ограждения, так и по трубам систем вентиляции и кондиционирования воздуха, систем отопления, водоснабжения и т.п. Вибрирующие трубопроводы и строительные конструкции вызывают колебания воздуха в помещениях, которые воспринимаются человеком как структурный шум.

4.5 Основные пути передачи шума из одного помещения в другое (другие) помещения схематически показаны на рисунке 4.1 в плане и на рисунке 4.2 в разрезе.

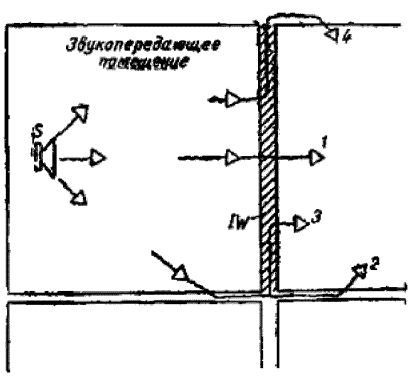


Рисунок 4.1 – Прямые и косвенные пути передачи воздушного звука из шумного помещения в изолируемое (в плане)

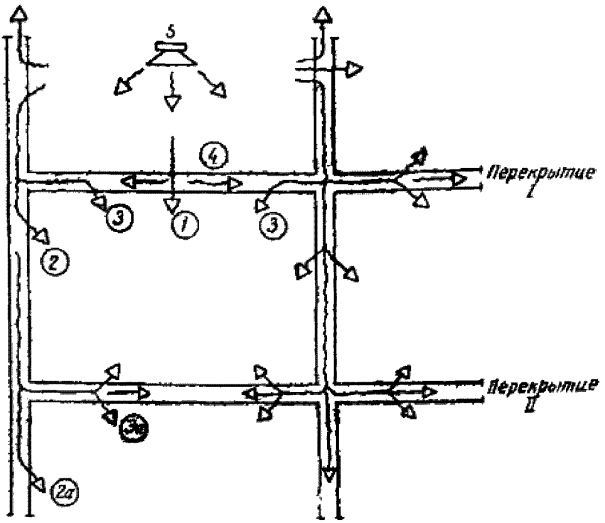


Рисунок 4.2 – Прямые и косвенные пути передачи воздушного звука из шумного помещения в изолируемое (в разрезе)

На рисунке 4.1 основным путем передачи воздушного шума, создаваемого источником звука, является передача звуковой энергии через перегородку I (путь 1). Но кроме этого, звук в соседнее помещение может передаваться по косвенным путям 2, 3, 4. Количество звуковой энергии, передающейся по косвенным путям, зависит от толщины, поверхностной плотности и конструкции стен. Однородные толстые тяжелые стены, например, железобетонные, достаточно хорошо ослабляют передаваемый воздушный шум, но зато хорошо передают структурный шум. Тонкие перегородки передают значительную часть звуковой энергии в виде воздушного шума, к тому же в них легче образуются изгибные волны, что также приводит к усилению звукопередачи.

На рисунке 4.2 показана передача звука через перекрытие и имеющиеся при этом косвенные пути передачи звука. В перекрытии I возникает достаточно сильный структурный шум, который вызывает излучение воздушного шума в помещение под перекрытием I. Одновременно шум в нижнее помещение передается через побочные

(косвенные) пути 2, 3, 4, 2а, 3а и др. Происходит также передача структурного шума и в более отдаленные помещения. Воздействие на перекрытие шагов, ударов и прочих видов ударного шума также создает в нижерасположенных помещениях звуковое поле. Распространение звуковых волн через сопрягающиеся конструкции происходит аналогично способам, описанным выше.

4.6 Основным способом защиты от шумов всех видов является обеспечение надлежащей звуковиброизоляции ограждений помещений. При этом можно выделить два вида звукоизоляции – изоляцию воздушного шума и изоляцию ударного шума, которые обеспечиваются с помощью соответствующего выбора ограждающих конструкций помещений зданий.

Ограждающие конструкции, которые применяются в строительной практике, в большинстве случаев являются плоскими (панели, плиты, стены, перегородки, перекрытия), иногда цилиндрическими. Ограждающие конструкции подразделяются на акустически однородные и акустически неоднородные.

4.7 Акустически однородными являются ограждения, состоящие из одного или нескольких несжимаемых в поперечном направлении и жестко связанных между собой слоев различных материалов. Примером однослойного ограждения является, например, панель из железобетона или кирпичная стена; та же кирпичная стена, оштукатуренная с одной или с обеих сторон также рассматривается как однослойное ограждение.

4.8 К акустически неоднородным ограждениям относятся ограждения, состоящие из двух или более жестких слоев, разделенных воздушным промежутком, который может быть полностью или частично заполнен упругомягким материалом (например, минеральной ватой).

Акустически неоднородные перекрытия по конструктивной схеме подразделяются на перекрытия с плавающим полом на звукоизоляционной упругой прослойке, на перекрытия с полом на лагах, на перекрытия с подвесным или самонесущим потолком.

Акустически неоднородные стены и перегородки по конструктивной схеме подразделяются на двойные стены (перегородки) и на стены (перегородки), устро-

енные по типу «звукопоглощающая плита на относе». Применяются также конструкции типа сэндвич.

4.9 Толщина однослойных ограждений обычно меньше $\lambda_и/6$ ($\lambda_и$ – длина изгибной волны в ограждении на соответствующей частоте), поэтому колебательные скорости на обеих поверхностях ограждения равны, т.е. практически такое однослойное ограждение колеблется как единое целое. В многослойных ограждениях составляющие его слои могут колебаться независимо друг от друга.

Рассмотрим передачу воздушного шума через плоскую однослойную ограждающую конструкцию – стену (перегородку), разделяющую два соседних помещения, в одном из которых находится источник шума. Пусть звуковая волна в шумном помещении падает на эту стену под произвольным углом θ_1 (рисунок 4.3).

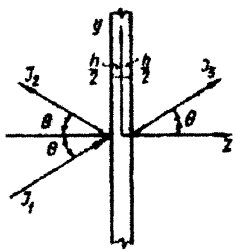


Рисунок 4.3 – Передача воздушного шума через ограждение

4.10 При падении звуковой волны на стену бóльшая часть звуковой энергии отражается от стены (характеризуется коэффициентом отражения ε), часть звуковой энергии поглощается внутри стены ее материалом (характеризуется коэффициентом поглощения δ), а оставшаяся часть вызывает в стене продольные и изгибные колебания, которые в свою очередь вызывают в воздухе изолируемого помещения звуковые волны, распространяющиеся под углом θ_2 в виде прошедшей волны (характеризуется коэффициентом звукопроницаемости τ).

Основной вклад в величину звукоизоляции вносит отражение звука от ограждающей конструкции.

Если обозначить интенсивность звука в падающей звуковой волне через I_1, интенсивность звука в отраженной волне через I_2, в поглощенной ограждением звуковой волне через I_3, а в прошедшей через ограждение звуковой волне через I_4, то согласно закону сохранения энергии:

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 \quad \text{или} \quad 1 = I_2/I_1 + I_3/I_1 + I_4/I_1 = \varepsilon + \delta + \tau. \qquad (4.1)$$

Отсюда $\tau = 1 - \varepsilon - \delta$, причем каждый из коэффициентов ε, δ, $\tau < 1$.

4.11 Величина, обратная τ, называется изоляцией воздушного шума ограждением или просто звукоизолирующей способностью ограждения и выражается в децибелах:

$$R = 10 \lg 1/\tau = 10 \lg 1/(1-\varepsilon-\delta) \text{ , дБ.} \qquad (4.2)$$

Отсюда следуют важные практические выводы:

- чем больше отражение от ограждения, т.е. чем тверже и прочнее ограждение при его незначительном звукопоглощении, тем больше величина звукоизоляции;

- если поверхность ограждения обработана только звукопоглощающим материалом, то звукоизоляция также возрастет, хотя и ненамного. Это объясняется тем, что отражение звука от ограждения будет незначительным, и большая часть звуковой энергии, несмотря на ее частичное поглощение в ограждении, пройдет в изолируемое помещение.

Так как эти два варианта противоречат друг другу (либо жесткая хорошо отражающая, но слабо поглощающая звук поверхность ограждения; либо хорошо поглощающая, но слабо отражающая звук поверхность ограждения), то следует выбирать, исходя из условий задачи, наиболее подходящий вариант или искать компромиссное решение.

4.12 Звукоизоляция ограждающей конструкции может быть определена или расчетным путем, или путем лабораторных или натурных измерений.

В последних двух случаях изоляцию воздушного шума ограждением определяют по формуле:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg (S/A_2), \qquad (4.3)$$

где L_1 и L_2 – усредненные по пространству и времени среднеквадратичные уровни звукового давления в помещении с источником шума и в соседнем изолируемом помещении, дБ,

S – площадь ограждения между шумным и изолируемым помещением, м^2,

A_2 – эквивалентная площадь звукопоглощения в изолируемом помещении, м^2.

Величина A_2 может быть определена по формуле

$$A_2 = 0{,}163\ V/T\ , \text{м}^2, \qquad (4.4)$$

где V – объем изолируемого помещения, м^3,

T – время реверберации в изолируемом помещении, с.

Изоляция перекрытием ударного шума характеризуется приведенным уровнем ударного шума, определяемым по формуле:

$$L_{\text{пр.}} = L_2 - 10 \lg (A_0 / A_2), \qquad (4.5)$$

где L_2 – усредненные по пространству и времени среднеквадратичные уровни звукового давления под перекрытием при работе наверху перекрытия ударной машины, дБ,

A_2 – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении под перекрытием, м^2,

A_0 – стандартное значение эквивалентной площади звукопоглощения в помещении под перекрытием, $A_0 = 10$ м^2.

4.13 При измерениях звукоизоляции важно, чтобы шум проходил только через испытуемое ограждение. Однако в действительности такое условие выполнить невозможно, так как помимо основного пути распространения шума всегда есть побочные (косвенные) пути распространения шума (см. рисунки 4.1 и 4.2). В этих случаях звукоизоляцию обозначают через R' и L' и вносят в результаты измерений коррекцию. При измерениях изоляции воздушного шума коррекцию ΔR_w принимают по таблице 4.1. При измерениях ударного шума принимают среднее значение коррекции, равное $\Delta L_{nw} = 2$ дБ.

Таблица 4.1 – Коррекция для пересчета индексов изоляции воздушного шума, полученных в лабораторных условиях, в фактические индексы, соответствующие измерениям в натурных условиях с учетом косвенной передачи звука

Индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ	**Коррекция индекса ΔR_w, дБ**
≤ 45	0
≤ 46 – 50	1
≤ 51 – 55	2
≤ 56 – 61	3
≥ 62 – 65	4

5 Методы определения индекса изоляции воздушного шума R_w, дБ, ограждениями зданий

5.1 Для расчета индекса изоляции воздушного шума R_w вначале необходимо определить частотную характеристику изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией, которая может быть получена либо методом натурных измерений на строительном объекте или в специальных звукомерных камерах, либо расчетным методом.

При измерениях в специальных звукомерных камерах принимают меры для исключения побочных путей прохождения звука из шумного помещения в изолируемое помещение. Полученный при таких условиях индекс изоляции воздушного шума обозначают как R_{W}. При измерениях в натурных условиях вместе с прямой, непосредственной передачей звука через испытуемую конструкцию, всегда имеет место побочная (косвенная) передача звука через прилегающие строительные конструкции. В этом случае звукоизоляция окажется меньше, чем при измерениях в лабораторных условиях, поэтому индекс изоляции воздушного шума обозначают как R'_w, что означает наличие косвенных путей передачи звука. Определение индекса R_{W} и индекса R'_w производится одинаковым способом.

5.2 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 5.1 и показанной на рисунке 5.1 (для третьоктавных полос частот) и на рисунке 5.2 (для октавных полос частот).

Таблица 5.1 – Значения оценочных кривых изоляции воздушного шума

Среднегеометрическая частота полосы, Гц	Оценочное значение, дБ,	
	в третьоктавных полосах	в октавных полосах
100	33	
125	36	**36**
160	39	
200	42	
250	45	**45**
315	48	
400	51	
500	52	**52**
630	53	
800	54	
1000	55	**55**
1250	56	
1600	56	
2000	56	**56**
2500	56	
3150	56	–

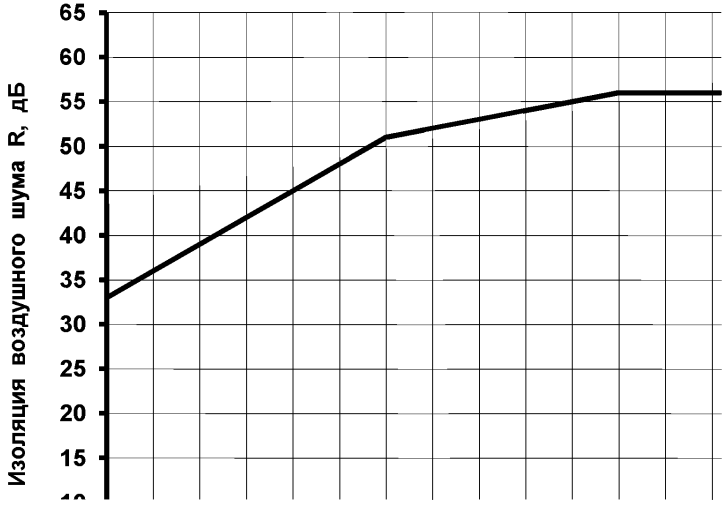


Рисунок 5.1 – Оценочная кривая изоляции воздушного шума в третьоктавных полосах частот

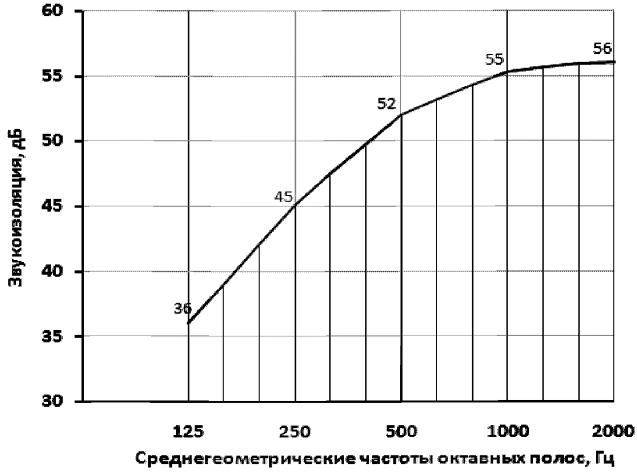


Рисунок 5.2 – Оценочная кривая изоляции воздушного шума в октавных полосах частот

5.3 Для определения индекса изоляции воздушного шума R_w необходимо определить сумму неблагоприятных отклонений измеренной или рассчитанной 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 от смещенной оценочной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту 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.

Если частотная характеристика изоляции воздушного шума определена в октавных полосах частот, то методика определения индекса изоляции такая же, как описано выше, но сумма неблагоприятных отклонений при этом должна максимально приближаться к 10 дБ, но не к 32 дБ.

При указании индекса изоляции воздушного шума необходимо одновременно указать, как он был вычислен – по третьоктавным или по октавным уровням шума. Это связано с тем, что разница между этими двумя оценками может составлять ± 1 дБ. Является предпочтительным проведение оценки на основе уровней воздушного шума в третьоктавных полосах частот.

5.4 Кроме индекса изоляции воздушного шума, вычисляют дополнительно в соответствии с ГОСТ Р 56769 два члена спектральной адаптации C и C_{tr} на основе двух типовых спектров №1 (*А-корректир*ованный розовый шум) и №2 (*А-корректир*ованный шум потока городского транспорта) в нормируемом диапазоне со среднегеометрическими частотами от 100 до 3150 Гц.

Спектры уровней звука A в третьоктавных полосах частот, применяемые при расчете членов спектральной адаптации, приведены в таблице 5.2 и показаны на рисунке 5.3. Данные спектры являются *А-корректир*ованными, т. е. частотно корректированными в соответствии с характеристикой A шумомера по ГОСТ 17187, при этом общий уровень звука A нормализован к 0 дБA.

Таблица 5.2 – Спектры уровней звука *A* для вычисления членов спектральной адаптации

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	Уровень звука A L_{ij}, дБ*A*			
	Спектр № 1 для вычисления *C*		Спектр № 2 для вычисления C_{tr}	
	Третьоктава	октава	третьоктава	октава
100	–29	–21	–20	–14
125	–26		–20	
160	–23		–18	
200	–21	–14	–16	–10
250	–19		–15	
315	–17		–14	
400	–15	–8	–13	–7
500	–13		–12	
630	–12		–11	
800	–11	–5	–9	–4
1000	–10		–8	
1250	–9		–9	
1600	–9	–4	–10	–6
2000	–9		–11	
2500	–9		–13	
3150	–9		–15	
Примечание – Все уровни являются А-корректированными, а общий уровень звука нормализован к 0 дБ*A*.				

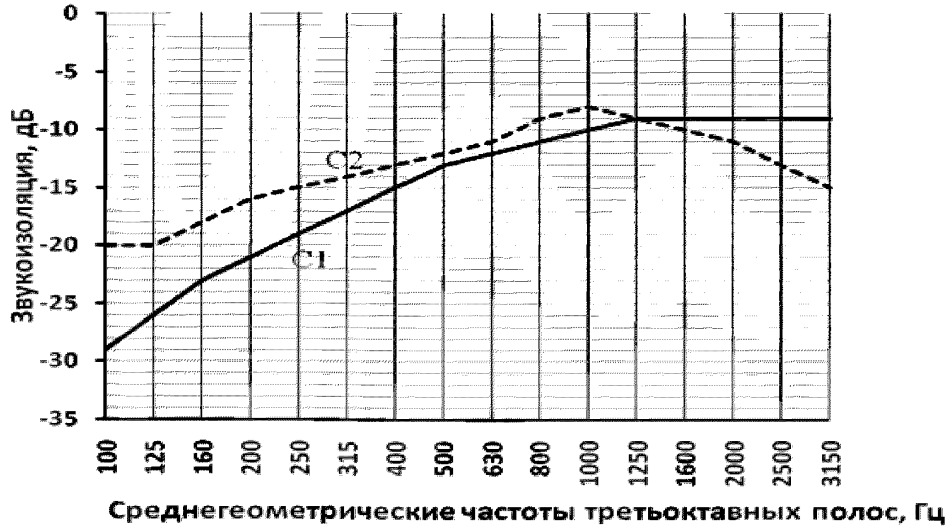


Рисунок 5.3 – Вид спектров, применяемых для вычисления членов спектральной адаптации

5.5 Члены спектральной адаптации C_j, дБ, следует рассчитывать на основании использования спектров шума №1 и №2 по формуле

$$C_j = X_{Aj} - R_W, \qquad (5.1)$$

где j – индекс, соответствующий номеру спектра (j = 1,2);

R_W – индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией, дБ;

X_{Aj} вычисляют по формуле

$$X_{Aj} = -10\lg\sum_{i=1}^{n} 10^{(L_{ij}-R_i)/10} , \qquad (5.2)$$

где i – порядковый номер третьоктавной полосы в диапазоне от 100 до 3150 Гц (число третьоктавных полос n = 16);

$L_{i\,j}$ – уровень звука A, дБА, по таблице 5.2 для i–й третьоктавной полосы спектра шума j;

R_i – изоляция воздушного шума, измеренная в i–й третьоктавной полосе и округленная с точностью до 0,1 дБ.

Величину X_{Aj} вычисляют с точностью до целого дБ, так как член спектральной адаптации должен быть целым числом и должен быть обозначен через:

- C, если он вычислен в соответствии со спектром №1;

- C_{tr}, если он вычислен в соответствии со спектром №2.

При представлении результатов измерений члены спектральной адаптации приводят в скобках после значения индекса изоляции R_W, разделяя их точкой с запятой.

Например, R_W (C; C_{tr}) = 35 (0; –2) дБ.

5.6 Спектры большинства обычно преобладающих источников внутреннего и наружного шума лежат в диапазоне спектров №1 и №2. Следовательно, члены спектральной адаптации C и C_{tr} могут быть использованы для характеристики звукоизоляции по отношению ко многим видам шума (таблица 5.3).

В таблице 5.3 приведены различные виды источников шума, связанных с членами спектральной адаптации C и C_{tr}. Эта таблица может быть использована в качестве руководства для применения данных членов спектральной адаптации при оценке звукоизоляции для указанных источников шума. Если известен тип источника шума, его можно сравнить с данными таблицы 5.3 и выбрать соответствующий член спектральной адаптации.

Таблица 5.3 – Соответствие членов спектральной адаптации различным типам источников шума

Тип источника шума	**Соответствующий член спектральной адаптации**
Бытовой шум проживания (разговор, музыка, радио, телевидение). Играющие дети. Железнодорожный транспорт. Магистральный дорожный транспорт, движущийся со скоростью более 80 км/ч. Реактивный самолет при перелетах на короткие расстояния. Предприятия, излучающие в основном средне– и высокочастотный шум	C (спектр № 1)
Городской автодорожный транспорт. Винтовой самолет. Реактивный самолет при перелетах на дальние расстояния. Дискотека. Предприятия, излучающие в основном низко– и среднечастотный шум	C_{tr} (спектр № 2)

6 Методы определения индекса приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ, перекрытиями зданий

6.1 Для расчета индекса изоляции приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} вначале необходимо определить частотную характеристику изоляции ударного шума, которая может быть получена либо методом натурных измерений на строительном объекте или в специальных звукомерных камерах, либо расчетным методом.

6.2 При измерениях в специальных звукомерных камерах косвенная передача звука практически отсутствует. При измерениях в натурных условиях вместе с прямой, непосредственной передачей звука через испытуемое перекрытие, всегда имеет место побочная (косвенная) передача звука через прилегающие строительные конструкции. В этом случае звукоизоляция окажется меньше, чем при измерениях в лабораторных условиях, поэтому для избегания путаницы индекс изоляции, полученный в натурных условиях (имеется косвенная передача звука из шумного помещения в изолируемое) обозначают как L'_{nw}, а индекс, полученный по результатам измерений в звукомерных камерах обозначают как L_{nw}.

По результатам измерений определяют для каждой полосы частот приведенный уровень ударного шума L_{n} или L'_n под испытуемым перекрытием:

$$L_{\text{n}}(L'_n) = L_{\text{i}}(L'_i) + 10 \lg \frac{A}{A_0}, \text{ дБ}, \qquad (6.1)$$

где $L_{\text{i}}(L'_i)$ – средний уровень ударного шума под перекрытием, полученный при измерениях или в звукомерных камерах, или в натурных условиях на строительном объекте, дБ;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения помещения под перекрытием, м^2;

A_0 – стандартное значение эквивалентной площади звукопоглощения в помещении под перекрытием, $A_0 = 10$ м^2.

Для ориентировочной оценки изоляции ударного шума допускается использовать стандартизованный приведенный уровень ударного шума L'_{nT} под испытуемым перекрытием:

$$L'_{nT} = L_{\text{i}} + 10 \lg \frac{T_0}{T_2}, \text{ дБ}, \qquad (6.2)$$

где T_0 – стандартное время реверберации для обычных помещений ($T_0 = 0{,}5$ с);

T_2 – фактическое время реверберации в помещении под перекрытием, с.

6.3 На основании сопоставления соответствующей частотной характеристики приведенного уровня ударного шума с оценочной кривой, приведенной в таблице 6.1 и на рисунке 6.1 для третьоктавных полос частот и на рисунке 6.2 для октавных полос частот, определяется соответствующий индекс изоляции:

- индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ;

- индекс фактического приведенного уровня ударного шума L'_{nw}, дБ;

- индекс стандартизованного приведенного уровня ударного шума $L'_{nT,w}$, дБ.

6.4 Для вычисления каждого индекса L_{nw}, L'_{nw} или $L'_{nT,w}$ 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_{nw} составляет 60 дБ.

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

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

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

Если частотная характеристика изоляции ударного шума определена в октавных полосах частот, то методика определения индекса изоляции такая же, как описано выше, но сумма неблагоприятных отклонений при этом должна максимально приближаться к 10 дБ, но не к 32 дБ.

Кроме того, в случае вычисления индексов L'_{nw}, $L'_{nT,w}$ (но не индекса L_{nw}) по частотной характеристике в октавных полосах частот, значение оценочной кривой на частоте 500 Гц после вышеуказанного сдвига, необходимо уменьшить на 5 дБ. Полученное значение принимают за индекс L'_{nw} или $L'_{nT,w}$ соответственно.

Таблица 6.1 – Значения оценочных кривых изоляции ударного шума

Среднегеометрическая частота, Гц	**Оценочное значение, дБ,**	
	в третьоктавных полосах	**в октавных полосах**
100	62	
125	62	**67**
160	62	
200	62	
250	62	**67**
315	62	
400	61	
500	60	**65**
630	59	
800	58	
1000	57	**62**
1250	54	
1600	51	
2000	48	**49**
2500	45	
3150	42	–

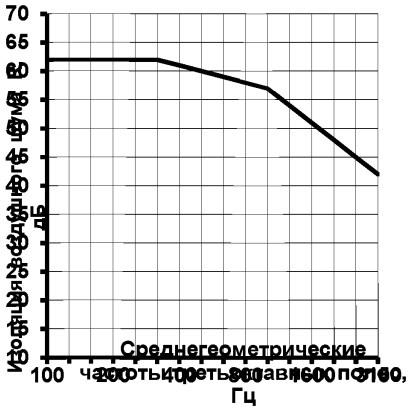


Рисунок 6.1– Оценочная кривая приведенного уровня изоляции ударного шума в третьоктавных полосах частот

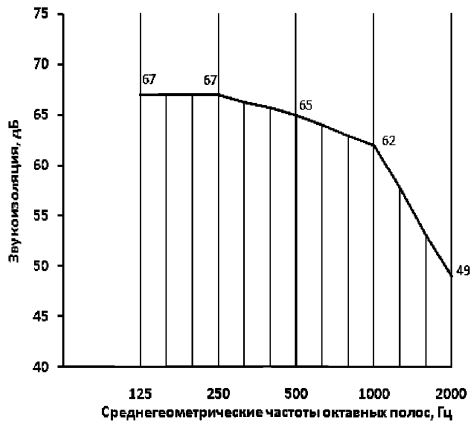


Рисунок 6.2 – Оценочная кривая приведенного уровня изоляции ударного шума в октавных полосах частот

При указании индекса приведенного уровня ударного шума необходимо одновременно указать, как он был вычислен – по третьоктавным или по октавным уровням шума. Это связано с тем, что разница между этими двумя оценками может

составлять ± 1 дБ. Является предпочтительным проведение оценки на основе приведенных уровней ударного шума в третьоктавных полосах частот.

6.5 Специальными исследованиями показано, что оценка изоляции ударного шума с помощью индекса L_{nw}, L'_{nw}, $L'_{nT,w}$ хорошо подходит для описания воздействия шума, подобного ходьбе по деревянным или бетонным перекрытиям с эффективными покрытиями, такими как ковры или плавающие полы. Однако она недостаточна для учета пиковых уровней на одиночных низких частотах, особенно для деревянных балочных или для голых бетонных перекрытий. Было установлено, что частотно некорректированные уровни ударного шума, создаваемые ударной машиной, более адекватно описывают шум шагов для всех типов полов, чем уровни ударного шума, частотно корректированные в соответствии с характеристикой A шумомера по ГОСТ 17187.

Для учета этого эффекта вводят член спектральной адаптации C_1, который определяется так, что для массивных перекрытий с эффективными покрытиями полов его значение близко к нулю, в то время как для деревянных балочных перекрытий с доминирующими пиками на низких частотах он имеет небольшое положительное значение. Для бетонных перекрытий без покрытия или с малоэффективным покрытием член спектральной адаптации может составлять от минус 15 до нуля дБ.

6.6 Член спектральной адаптации рассчитывают следующим образом – по результатам измерений или расчетов приведенных уровней ударного шума под перекрытием L_n, L'_{nw}, $L'_{nT,w}$ определяют соответствующую энергетическую сумму по формуле

$$L_{\text{n,sum}} = 10 \lg \sum_{i}^{k} 10^{0,1 L_i} , \qquad (6.3)$$

где k– число частотных полос.

Далее определяют член спектральной адаптации как целую часть числа, полученного по одной из следующих формул:

$$C_1 = L_{\text{n,sum}} - 15 - L_{nw} , \qquad (6.4)$$

$$C_1 = L'_{\text{n,sum}} - 15 - L'_{\text{nw}} , \qquad (6.5)$$

$$C_1 = L'_{\text{nT,sum}} - 15 - L'_{\text{nTw}} . \qquad (6.6)$$

Окончательно индекс изоляции приведенного уровня ударного шума под перекрытием записывают в виде суммы (L_{nw}+ C_1) или (L'_{nw}+ C_1), или ($L'_{nT,w}$+ C_1).

6.7 При устройстве покрытия пола из рулонных материалов или на звукоизолирующем слое, или на лагах с упругими прокладками происходит улучшение изоляции ударного шума по сравнению с «голой» плитой перекрытия. Улучшение изоляции ударного шума покрытием пола ΔL_y, дБ, определяют по формуле

$$\Delta L_y = L_{n0} - L_n, \text{ дБ}, \quad (6.7)$$

где L_{n0} – приведенный уровень ударного шума под перекрытием без покрытия пола, дБ,

L_n – приведенный уровень ударного шума под перекрытием с покрытием пола, дБ.

6.8 Индекс улучшения изоляции ударного шума за счет рулонного или плиточного покрытия пола ΔL_y ,дБ, следует определять по формуле:

$$\Delta L_y = 15 + \Delta_y, \text{ дБ}, \quad (6.8)$$

где Δ_y – поправка, дБ, показывающая отличие измеренной или расчетной частотной характеристики снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_y за счет нанесения покрытия пола от оценочного частотного спектра снижения приведенного уровня ударного шума $\Delta_{тр.}$, определяемого по таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оценочная кривая для определения индекса улучшения изоляции ударного шума

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	**Оценочный частотный спектр $\Delta_{тр.}$, дБ**
100	2
125	2,5
160	3
200	3,5
250	4
315	4,5
400	6
500	7,5
630	9
800	10,5
1000	12
1250	15
1600	18
2000	21
2500	24
3150	27

Для вычисления поправки Δ_y необходимо определить отклонения измеренной частотной характеристики от оценочного спектра посредством вычитания из значений измеренной частотной характеристики значений оценочного спектра в каждой третьоктавной полосе. Далее находят сумму отрицательных отклонений.

Если сумма отрицательных отклонений максимально близка к 32 дБ, но не превышает эту величину, то принимают поправку $\Delta_y = 0$.

Если сумма отрицательных отклонений превышает 32 дБ, то оценочный спектр смещают вниз шагами по 1 дБ так, чтобы сумма отрицательных отклонений от смещенного оценочного спектра максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину. При выполнении этого условия принимают поправку Δ_y равной величине смещения оценочного спектра, взятой со знаком минус.

Если сумма отрицательных отклонений значительно меньше 32 дБ или отрицательные отклонения отсутствуют, то оценочный спектр смещают вверх шагами по 1 дБ так, чтобы сумма отрицательных отклонений от смещенного оценочного спектра максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину. При выполнении этого условия принимают поправку Δ_y равной величине смещения оценочного спектра, взятой со знаком плюс.

7 Нормирование изоляции воздушного и ударного шума внутренними ограждениями зданий

7.1 В настоящее время нормативные требования к изоляции воздушного и ударного шума внутренними ограждающими конструкциями жилых, общественных и промышленных зданий регламентируются СП 51.13330.2011.

В качестве нормируемого параметра звукоизоляции данным сводом правил установлен для стен, перегородок, перекрытий индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ, а для перекрытий, кроме того, индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw}, дБ. Нормативное значение индекса зависит от назначения здания и помещений в нем, от типа ограждающей конструкции и от ее расположения по отношению к соседним помещениям.

7.2 Ранее обычно всегда рассматривалась такая типичная ситуация, когда источник ударного шума расположен в верхнем помещении и создает звуковое поле в нижерасположенном помещении. Однако бывает и наоборот – нередко на первых этажах жилых домов, гостиниц и т.п. располагаются встроенные предприятия (магазины, кафе, рестораны, мастерские и др.), которые имеют холодильные камеры, прилавки, снабженные холодильными компрессорами, различное другое технологическое оборудование. Создаваемый этим оборудованием шум косвенным путем через пол, стены, перекрытия передается не только в горизонтальном направлении в соседние помещения, но и в вышерасположенные помещения. И даже, если магазин или ресторан расположены в отдельном пристроенном помещении, имеющим, однако, общую стену с жилым домом, то все равно происходит передача структурного шума, что нарушает акустический комфорт в соседних жилых помещениях.

Теперь же в СП 51.13330.2011 впервые введена также норма изоляции ударного шума при расположении источника шума на полу помещения, расположенного под защищаемым помещением.

Введение такой нормы позволит улучшить ситуацию в подобных случаях, так как при проектировании здания проектировщикам придется предусматривать шумозащитные меры, которые раньше могли быть проигнорированы из-за отсутствия подобных норм.

7.3 Для выполнения норм по звукоизоляции определенная по результатам измерений или расчетов величина индекса изоляции воздушного шума R_w ограждающей конструкцией должна быть не ниже нормативной величины $R_{w\ норм.}$, а величина индекса приведенного уровня ударного шума L_{nw} под перекрытием не больше нормативной величины $L_{nw\ норм.}$.

7.4 Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w и индексов приведенного уровня ударного шума L_{nw} под перекрытиями для жилых, общественных зданий, а также для вспомогательных зданий производственных предприятий приведены в СП 51.13330.2011. Для удобства пользования данным Методическим пособием в таблицах А.1 и А.2 Приложения А пособия приведена выписка из норм звукоизоляции.

8 Нормирование звукоизоляции наружных ограждающих конструкций

8.1 Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, витрин и других видов остекления – далее по тексту «окон») является звукоизоляция $R_{Атран}$, дБА, представляющая собой изоляцию внешнего шума, производимого потоком городского транспорта.

8.2 Величину звукоизоляции окна $R_{Атран}$, дБА, определяют на основании частотной характеристики изоляции воздушного шума окном с помощью эталонного спектра шума потока городского транспорта. Уровни эталонного спектра, скорректированные по кривой частотной коррекции A для шума с уровнем 75 дБА, приведены в таблице 8.1 и показаны на рисунке 8.1.

Таблица 8.1 – Скорректированные по кривой частотной коррекции A уровни звукового давления эталонного спектра шума потока городского транспорта

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц	**Скорректированный уровень звукового давления эталонного спектра L_i, дБ**
100	55
125	55
160	57
200	59
250	60
315	61
400	62
500	63
630	64
800	66
1000	67
1250	66
1600	65
2000	64
2500	62
3150	60

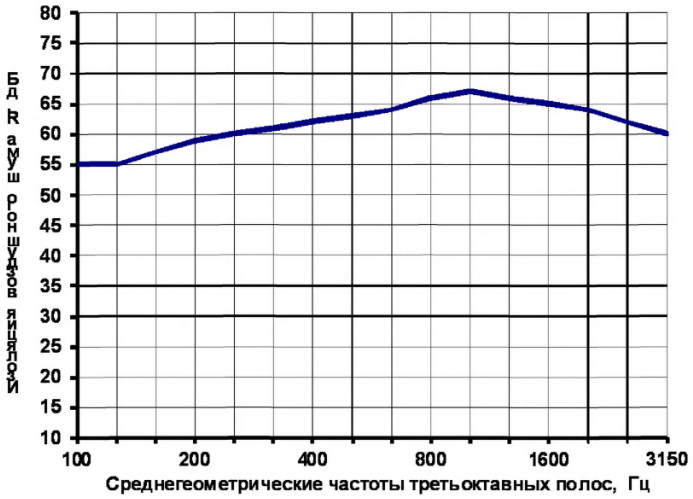


Рисунок 8.1 – Скорректированные по кривой частотной коррекции *A* уровни звукового давления эталонного спектра шума потока городского транспорта

8.3 Для определения величины звукоизоляции окна $R_{\text{Атран}}$, дБА, по известной частотной характеристике изоляции воздушного шума необходимо в каждой третьоктавной полосе частот из уровня эталонного спектра вычесть величину изоляции воздушного шума данной конструкцией окна. Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного спектра шума, равного 75 дБА:

$$R_{A\,тран} = 75 - 10\lg\sum_{i=1}^{16} 10^{0,1(L_i - R_i)}, \qquad (8.1)$$

где L_i– скорректированные по кривой частотной коррекции *A* уровни звукового давления эталонного спектра в *i*–й третьоктавной полосе частот, дБ, (принимают по таблице 8.1);

R_i – изоляция воздушного шума конструкцией окна в *i*–й третьоктавной полосе частот, дБ.

8.4 Звукоизоляция окна $R_{\text{Атран}}$ может быть определена также на основании равенства

$$R_{\text{А тран}} = R_w + C_{tr} \ , \qquad (8.2)$$

где R_w – индекс изоляции окном воздушного шума, дБ,

C_{tr} – член спектральной адаптации по 5.4, дБА.

8.5 Нормативные значения $R_{\text{Атран}}$, дБА, для жилых комнат, номеров гостиниц, общежитий, кабинетов и рабочих комнат административных зданий, палат больниц, кабинетов врачей площадью до 25 м^2 приведены в таблице 8.2 в зависимости от расчетного уровня транспортного шума у фасада здания. Для промежуточных значений расчетных уровней требуемую величину $R_{\text{Атран}}$ следует определять интерполяцией.

Таблица 8.2 – Нормативные требования к звукоизоляции окон

Назначение помещений	**Требуемые значения $R_{\text{Атран}}$, дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час "пик"), дБА**				
	60	**65**	**70**	**75**	**80**
Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
Жилые комнаты квартир в домах:		15	20	25	30
Жилые комнаты общежитий	–	–	15	20	25
Номера гостиниц:	–	15	20	25	30
Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах:	–	–	–	15	20

9 Субъективная оценка снижения шума звукоизолирующим ограждением

9.1 Наглядное представление о субъективном восприятии шума при том или ином индексе изоляции воздушного шума можно получить из таблицы 9.1, а для ударного шума – из таблицы 9.2. При этом надо учесть, что на субъективную оценку шума, проникающего из соседнего помещения, влияет также и фоновый уровень шума в изолируемом помещении. Согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562–96 допустимый уровень шума для жилых помещений составляет 40 дБА в дневное и 30 дБА в ночное время.

Таблица 9.1 составлена при условии, что фоновый уровень звука в изолируемом помещении, в котором находится человек, дающий субъективную оценку проникающего шума, составляет не более 30 дБА.

Таблица 9.1 – Ориентировочная субъективная оценка изоляции ограждением воздушного шума при условии, что уровень фонового шума в изолируемом помещении не превышает 30 дБА

Источник шума в шумном помещении	**Индекс изоляции воздушного шума ограждением $R_{и}$, дБ**	**Субъективная оценка шума, проникающего в изолируемое («тихое») помещение**
Разговор нормальной громкости	30 – 35	Хорошо понятный
	40	Едва понятный
	50	Почти неслышный
	60	Не слышно
Громкий разговор	30 – 40	Очень хорошо понятен
	45	Не разборчиво
	50	Едва понятен
	60	Не слышен
Радио, телевизор при нормальной громкости	30 – 45	Хорошо понятно
	50	Слабо слышимый
	55	Едва слышно
	60	Не слышно

Таблица 9.2 – Ориентировочная субъективная оценка изоляции перекрытием ударного шума

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ	**Ходьба**	**Передвижение мебели**
90	Хорошо слышна	Очень хорошо слышно
80	Хорошо слышна	Хорошо слышно
70	Слышна	Хорошо слышно
60	Слабо слышна	Слышно
50	Неслышна	Слабо слышно
40	Не слышна	Не слышно

9.2 Оценка изоляции воздушного и ударного шума, приведенная в таблицах 9.1 и 9.2 является субъективной оценкой, зависящей от особенностей оценивающего человека. Объективная же оценка звукоизоляции может быть дана только на основе инструментальных измерений или на основе расчетов.

10 Расчет требуемой звукоизоляции ограждений

10.1 Если определенный по результатам измерений или расчетов индекс изоляции воздушного шума ограждением или индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием не соответствуют требованиям норм по звукоизоляции (таблицы А.1, А.2 Приложения А), то необходимо установить степень несоответствия нормам, т.е. определить, какая требуется корректировка звукоизоляции и спроектировать мероприятия по улучшению звукоизоляции до требуемой величины.

10.2 Требуемую изоляцию воздушного шума $R_{тр}$, дБ, ограждающей конструкцией в каждой октавной полосе частот следует определять:

а) при проникании шума из помещения с источниками шума в смежное с ним изолируемое от шума помещение, по формуле

$$R_{тр} = L_{ш} - 10\lg B_{и} + 10\lg S - 10\lg k - L_{доп}, \text{ дБ}, \qquad (10.1)$$

где $L_{ш}$ – октавный уровень звукового давления в помещении с источниками шума на расстоянии 2 м от разделяющего помещения ограждения, дБ;

$B_{и}$ – акустическая постоянная изолируемого помещения, м^2;

S – площадь ограждения, разделяющего помещения, м^2 ;

k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в изолируемом помещении (принимается по таблице 10.1 в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{ср}$ в изолируемом помещении, который в свою очередь определяется по формуле (10.2);

$L_{доп}$ – допустимый по санитарным нормам октавный уровень звукового давления в изолируемом помещении, дБ.

Средний коэффициент звукопоглощения равен

$$\alpha_{ср} = B_{и}/(B_{и} + S_{сум}), \qquad (10.2)$$

где $S_{сум}$ – суммарная площадь всех ограждающих поверхностей изолируемого помещения, м^2;

$B_{и}$ – то же, что и в формуле (10.1).

Таблица 10.1 – Значения коэффицента k в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{ср}$ в изолируемом помещении

$\alpha_{ср}$	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
0,8	3,2	5,0

Постоянную помещения $B_и$ в октавных полосах частот следует определять по формуле

$$B_и = B_{1000}\,\mu\ , \text{м}^2, \qquad (10.3)$$

где B_{1000} – постоянная помещения, м^2, на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по таблице 10.2 в зависимости объема V, м^3, и типа помещения;

μ – частотный множитель, определяемый по таблице 10.3.

Таблица 10.2 – Постоянная помещения на частоте 1000 Гц

Тип помещения	Описание помещения	Постоянная помещения B_{1000}, м^2
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды	$V/20$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей, или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.).	$V/10$
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро, аудитории учебных заведений, залы ресторанов, торговые залы магазинов, залы ожидания аэропортов и вокзалов, номера гостиниц, классные помещения в школах, читальные залы библиотек, жилые помещения и т. п.).	$V/6$
4	Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$V/1,5$

Таблица 10.3– Значения частотного множителя μ

Объем помещения V, м^3	Частотный множитель μ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 \div 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

б) Требуемую звукоизоляцию наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, остекленных витражей) $R_{Атран,тр.}$ помещений в зданиях, расположенных вблизи транспортных магистралей, следует определять по формуле

$$R^{тр}_{Атран} = L_{А2м} - L_{Адоп} + 10\lg S_о - 10\lg B_и - 10\lg k, \text{ дБА}, \qquad (10.4)$$

где $L_{А2м}$ – эквивалентный (максимальный) уровень звука снаружи в 2 м от ограждений, дБА;

$L_{Адоп}$ – допустимый эквивалентный (максимальный) уровень звука в защищаемом от шума помещении, определяемый согласно [3], дБА;

$S_о$ – площадь окна (всех окон, обращенных в сторону источника шума), м^2;

$B_и$ *и* k – то же, что и в формуле (10.1).

Из двух найденных значений для $R_{Атран,тр.}$ (по эквивалентным и по максимальным уровням шума) следует для дальнейших расчетов принять наибольшую из них величину $R_{Атран,тр.}$;

в) при проникании шума из помещений промышленных цехов и им подобных помещений на прилегающую территорию (в атмосферу) расчет требуемой звукоизоляции выполняют по формуле

$$R_{тр} = L_{ш} + 10\lg S - 15\lg r - L_{доп} + 10\lg n - 11, \qquad (10.5)$$

где $L_{доп}$ – допустимый октавный уровень звукового давления в дБ на прилегающей территории, определяемый по СН 2.2.4/2.1.8.562–96;

$L_{ш}$ – то же, что в формуле (10.1);

S – площадь рассматриваемой ограждающей конструкции (или отдельного ее элемента), через которую проникает шум, м^2;

r – расстояние от ограждающей конструкции или ее элемента до расчетной точки на территории, м;

n – количество элементов ограждения, через которые проникает шум.

10.3 На отдельных стадиях проектирования, особенно на начальных стадиях, или при выборе одного варианта из нескольких, целесообразно провести вначале ускоренные ориентировочные расчеты звукоизоляции в дБА и лишь после выбора нужного варианта провести полный расчет звукоизоляции ограждений.

10.4 При ориентировочных расчетах требуемое значение звукоизоляции $R_{А\,тр.}$ может быть определено по следующим формулам:

а) при распространении шума из свободного пространства в изолируемое помещение:

$$R_{A\text{тр.}} = L_A - L_{A\,доп.} - 10\lg(m_И V_И^{2/3}) + 10\lg S + 10\lg m + \Delta_И + \Delta + 6 \quad \text{дБА}, \qquad (10.6)$$

где L_A – уровень звука в точке, расположенной в свободном пространстве напротив центра рассматриваемой ограждающей конструкции и на расстоянии 2 м от нее, дБА,

$L_{A\,доп.}$ – допустимый уровень звука внутри изолируемого помещения, дБА [ ],

$m_и$ – коэффициент, учитывающий тип изолируемого помещения,

$V_и$ – объем изолируемого помещения, м^3,

$\Delta_И$ – поправка на объем изолируемого помещения, дБА,

Δ – поправка, принимаемая по рисунку 10.1 в зависимости от разности уровней $(L_C - L_A)$, (здесь L_C, дБС, – уровень звука по шкале «Лин.» шумомера в точке, расположенной в свободном пространстве напротив центра рассматриваемой ограждающей конструкции и на расстоянии 2 м от нее).

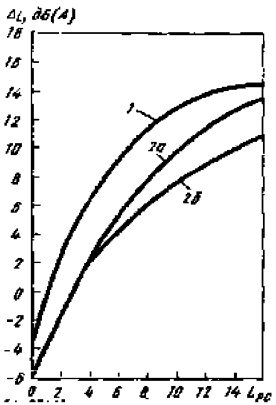


Рисунок 10.1 – Поправка Δ к значению требуемой звукоизоляции:
1 – для однослойных ограждений из бетона, железобетона, кирпича и т.п.; *2а* – для стали при $L_{A\,доп.}$= 80 –85 дБА; *2б* –для стали при $L_{A\,доп.} \leq 65$ дБА

10.5 Уровни звука L_C и L_A могут быть определены по результатам натурных измерений или расчетным путем по формулам

$$L_C = L_{PC} - 15\lg r - 8, \qquad (10.7)$$

$$L_A = L_{PA} - 15 \lg r - 8, \quad (10.8)$$

где L_{PC} и L_{PA} – некорректированный и корректированный уровень звуковой мощности источника шума, соответственно в дБС и дБА.

10.6 Некорректированный уровень звуковой мощности источника шума L_{PC}, дБС, определяется по формуле

$$L_{PC} = 10 \lg \sum_{i=1}^{8} 10^{0,1 L_{Pi}}, \text{ дБС}, \quad (10.9)$$

где L_{Pi} – уровень звуковой мощности в i–ой октавной полосе частот.

10.7 Коэффициент $m_{и}$ принимают по таблице 10.4.

Таблица 10.4 – Значения коэффициента $m_{и}$

Тип помещения	$m_{и}(m_{ш})$
Помещения с небольшим числом работников (венткамеры, генераторные, машинные залы и т.п.)	1,0
Металлообрабатывающие цехи	1,4
Ткацкие и деревообрабатывающие цехи, а также кабины наблюдения, лаборатории, кабинеты и т.п.	2,0
Конструкторские бюро, рабочие помещения административных зданий и т.п.	2,5
Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка, части стен, а также жилые помещения	5,0

Поправку на объем помещения $\Delta_{И}(\Delta_{Ш})$ принимают по таблице 10.5.

Таблица 10.5 – Значения поправки на объем помещения $\Delta_{и}(\Delta_{ш})$

Объем изолируемого помещения V, м^3	Поправка $\Delta_{и}(\Delta_{ш})$, дБА
V < 200	–1
200 ≤ V ≤ 1000	0
V > 1000	1,5

б) при распространении шума из помещения с источником в свободное пространство:

$$R_{А\text{тр.}} = L_{PA} - L_{А\text{доп.}} - 10 \lg(m_{Ш} V_{Ш}^{2/3}) + 10 \lg S - 20 \lg r + \Delta_{Ш} + \Delta + 10 \lg m - 5 \text{ , дБА}, \quad (10.10)$$

где $m_{ш}$ – коэффициент, учитывающий тип помещения с источниками шума, принимается по таблице 10.4,

$V_{ш}$ – объем шумного помещения, м^3,

$\Delta_{ш}$ – поправка на объем шумного помещения, дБА, по таблице 10.5,

Δ– то же, что и в формуле (10.6);

в) при передачи шума из помещения с источниками шума в смежное изолируемое помещение:

$$R_{A\text{тр.}} = L_{PA} - L_{A\text{доп.}} - 10\lg(m_{Ш} V_{Ш}^{2/3}) - 10\lg(m_{И} V_{И}^{2/3}) + 10\lg S + 10\lg m + \Delta_{И} + \Delta_{Ш} + \Delta + 6 \quad \text{дБА}, \quad (10.11)$$

здесь обозначения те же, что и в формулах (10.6) и (10.10).

11 Структура разделов, содержащих сведения по типовым техническим решениям ограждающих конструкций зданий

11.1 Далее данное Методическое пособие содержит четыре части (разделы 12, 13, 14, 15), представляющие типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве в жилых, общественных и промышленных зданиях перекрытий с плавающими полами, а также с полами других типов; при устройстве внутренних стен и перегородок; при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения; при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий.

11.2 Каждая из этих частей построена по одинаковому плану:

– вначале рассматриваются методические основы расчета звукоизоляции соответствующего типа строительных конструкций,

– затем приводятся основные принципы и рекомендации по обеспечению нормативной звукоизоляции ограждений данного типа,

– далее в конце каждого раздела приводятся в виде чертежей типовые технические решения соответствующих звукоизолирующих конструкций и узлов, позволяющие проектировщикам грамотно решать вопросы обеспечения нормативной звукоизоляции ограждений в помещениях зданий.

11.3 Для дополнительного облегчения пользования пособием в конце его приведены Приложения, содержащие:

– нормы звукоизоляции воздушного и ударного шума для помещений различного назначения, расположенных в зданиях разных типов;

– перечень и краткое описание звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов, наиболее широко применяемых в современном строительстве;

– примеры расчета звукоизоляции строительных конструкций.

11.4 Приведенные в разделах 12, 13, 14, 15 типовые технические решения и рабочие чертежи основных узлов, применяемых при решении проблем снижения шума методами звукоизоляции, разработаны специалистами группы компаний «ТехноСонус» и НИИ строительной физики РААСН с использованием отдельных материалов ОАО «58 Центральный проектный институт» (г. Санкт-Петербург).

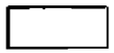
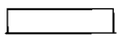
11.5 В типовых технических решениях приведены конструкции каркасных перегородок, дополнительных облицовок стен и потолков с использованием листов гипсокартона (ГКЛ), гипсоволокнистых листов (ГВЛ), фирменных и специальных звукоизолирующих материалов группы компаний ТехноСонус и др., а также представлены конструктивные решения звукоизолирующих полов. Высокий шумозащитный эффект данных конструкций был неоднократно подтвержден результатами испытаний и технической экспертизы, проведенных НИИСФ и другими организациями, а также подтвержден многолетним практическим использованием указанных конструкций на реальных строительных объектах.

Все это служит основой для создания типовой проектной базы для внедрения в отечественную строительную практику звукоизолирующих систем, обеспечивающих сочетание эффективных решений задач по снижению шума с высококачественной отделкой помещений на основе применения современных материалов, получивших широкое распространение в практике отечественного и зарубежного строительства и имеющих надлежащие акустические, пожарно–технические и высокие эксплуатационные характеристики.

Приведенные типовые технические решения звукоизолирующих конструкций рекомендуются для применения при проектировании, строительстве, реконструкции и реставрации жилых, общественных и производственных зданий любого назначения.

11.6 В нижеследующих таблицах 11.1 и 11.2 приведены краткое описание и условные обозначения акустических материалов и конструкций, а также крепежных и металлических изделий, нашедших применение в звукоизолирующих системах, приведенных на чертежах в разделах 12, 13, 14, 15.

Таблица 11.1 - Условные обозначения материалов для звукоизоляции и звукопоглощения на рабочих чертежах

Наименование	Сокращенное название	Условное обозначение	Краткое описание
Беспустотная Ж/б плита межэтажного перекрытия	ЖБП 140		толщиной 140 мм.
Цементно-песчаная стяжка	ЦПС		толщиной 50 мм.
Цементно-песчаная штукатурка/шпаклевка	–		——
Стена из пенобетонных блоков	ПБС200		толщиной 200 мм.
Стена из газогребневых плит	ПГП80		толщиной 80 мм.
	ПГП100		толщиной 100 мм.
Лист из гипсокартона	ГКЛ		толщиной 12,5 мм.
ТермоЗвукоИзол Стандарт	ЗИС1		Стекловолокнистый холст толщиной 14 мм, уплотненный иглопробивным (механическим) способом, запаянный в защитную оболочку из нетканого полипропилена.
Лента ЗИ			Тс же, в виде ленты шириной 150 мм.
Звукоизол	ЗИ		Тонкая тяжелая эластичная звукоизоляционная мембрана толщиной 3 мм из сложной полимерной композиции модифицированной минеральным наполнителем.
Виброфлор	ВФ		Упругий нетканый холст-прокладка толщиной 4 мм из полиэфирного волокна первичной обработки без связующих.
Сонетик	–		Акустический герметик

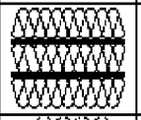
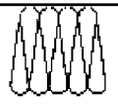
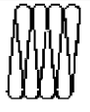
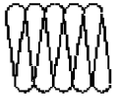
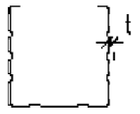
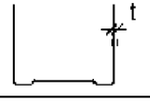
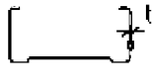
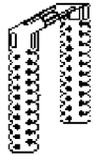
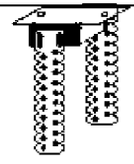
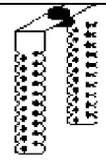
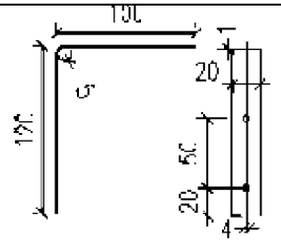
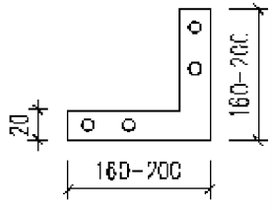
Наименование	Сокращенное название	Условное обозначение	Краткое описание
СтопЗвук Барьер	СЗБ30		Звукопоглощающая и звукоизоляционная плита объемным весом 60 кг/м³ и толщиной 30 мм из базальтового волокна с двумя звукоизолирующими мембранами внутри.
	СЗБ50		То же, толщиной 50 мм.
СтопЗвук БП Стандарт	СЗБПС		Звукопоглощающая плита объемным весом 45 кг/м³ и толщиной 50 мм из базальтового волокна.
СтопЗвук БП Прайм	СЗБППрайм		То же, объемным весом 60 кг/м³ и толщиной 27 мм.
СтопЗвук БП Премиум	СЗБППремиум		То же, объемным весом 60 кг/м³ и толщиной 50 мм.
СтопЗвук БП Лайт	СЗБПЛ		То же, объемным весом 35 кг/м³ и толщиной 50 мм.
СтопЗвук БП Флор	СЗБПФ		Упругая плита из базальтового волокна объемным весом 125 кг/м³ и толщиной 20 мм.
Гексаунд 10	ТС70		Тонкая тяжелая эластичная звукоизоляционная мембрана толщиной 3,7 мм, на основе минерала "арагонит".
Гексаунд Ф1/5	ТСФ1/5		То же со слоем акустического войлока.
Демпфирующая лента	–		Лента из упругого и долговечного материала.
Полиэтиленовая пленка	П/э пленка		–

Таблица 11.2 - **КРЕПЕЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЗВУКОВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Наименование и марка изделия		Эскиз изделия	масса 1 п.м, кг	Толщина t, мм	Стандарт. длина
Профиль стоечный	ПС 50/50		0,73	0,55	3000, 4000
Профиль стоечный	ПС 100/50		0,97		
Профиль направляющий	ПН 100/40		0,85		
Профиль направляющий	ПН 50/40		0,61	0,50	3000
Профиль направляющий	ПН 28/27		0,4		
Профиль потолочный	ПП 60/27		0,6		

Наименование и марка изделия	Эскиз изделия	Назначение
Подвес потолочный ПСП 60/27		Для крепления профилей к плитам перекрытия в уровне потолков и стенам.

Наименование и марка изделия	Эскиз изделия	Назначение
Виброкрепление СоноКреп ЕП		Для крепления профилей к плитам перекрытия в уровне потолков и стенам.
Виброкрепление СоноКреп Протектор		
Виброкрепление СоноКреп М6		
Скоба С1		Для крепления гипсоплит, и пенобетонных блоков к примыкающим стенам
Скоба С2		Для крепления гипсоплит, и пенобетонных блоков друг к другу на повороте стены под углом 90°

12 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве перекрытий с плавающими полами, а также с полами других типов

Конструкция плавающего пола

12.1 Одним из существенных факторов, нарушающих акустический комфорт в помещениях, является шум, распространяющийся через перекрытия из верхних помещений в расположенные под ними нижние помещения. В отдельных случаях шум от источников, установленных на перекрытии нижнего помещения через это перекрытие и примыкающие к нему стены попадает на верхнее перекрытие и примыкающие к нему стены верхнего помещения, создавая в нем повышенный уровень шума.

12.2 Шум, распространяющийся через междуэтажные перекрытия, можно разделить на две категории – воздушный и ударный шум.

Разговоры, громко включенный радиоприемник или телевизор, игра на музыкальных инструментах – это источник воздушного шума. Звук от источника через воздух попадает на перекрытие, заставляя его в свою очередь вибрировать и переизлучать шум в нижерасположенное помещение.

При механическом воздействии на перекрытие возникает ударный шум (например, стук каблуков при ходьбе, передвигание мебели и др.). Если при передаче через воздух какое-то количество звуковой энергии рассеивается, то в случае с ударным шумом, плита перекрытия непосредственно излучает шум в нижерасположенное помещение. Кроме того, звуковая энергия передается с перекрытия на все примыкающие к ней конструкции стен здания, которые в свою очередь вызывают дополнительное шумоизлучение, называемое косвенной передачей звука.

12.3 Самым эффективным и важнейшим способом улучшения изоляции от ударного шума является устройство конструкции плавающего пола в верхнем помещении. Плавающий пол представляет собой стяжку из цементно–песчаной смеси, гипса или других подобных материалов (влажная стяжка, рисунок 12.1), или из цементно–стружечных плит, ГКЛ и т.п. (сухая стяжка, рисунок 12.2), укладываемую

на слой упругого изоляционного материала, например, на слой минеральной ваты. Толщина стяжки, как правило, составляет 50–80 мм, а толщина упругого слоя, в обычных условиях, составляет обычно от 4 мм до 40 мм. Стяжка в обязательном порядке должна быть отделена от стен упругими прокладками. Все жесткие связи стяжки плавающего пола со строительными конструкциями здания исключаются во избежание образования акустических мостиков, которые значительно уменьшают звукоизоляцию перекрытия.



Рисунок 12.1 – Конструкция «плавающего пола» на основе цементно-песчаной стяжки

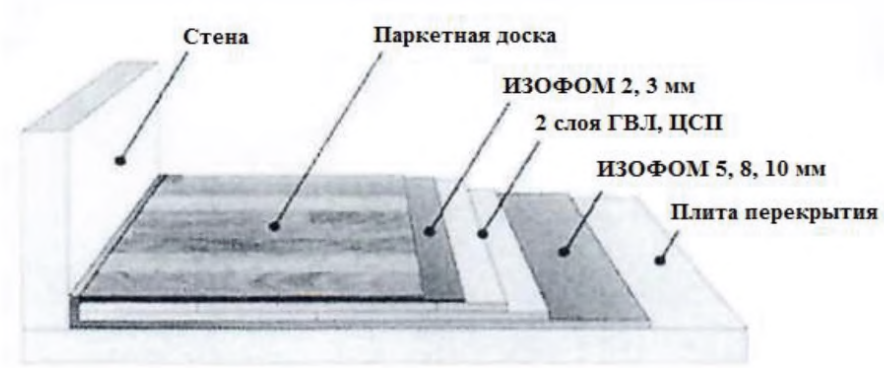


Рисунок 12.2 – Конструкция «плавающего пола» на основе ГВЛ и ЦСП («сухая стяжка»)

Применение плавающего пола всегда приводит к существенному увеличению изоляции ударного шума, передаваемого сверху вниз.

12.4 Перекрытия в жилых, общественных и промышленных зданиях бывают нескольких типов:

– перекрытия с несущей плитой, на которую уложен или к которой приклеен слой рулонного материала (например, линолеум);

– перекрытия с плавающим полом, т.е. полом на стяжке и звукоизолирующем слое;

– перекрытия с полом на лагах, под которые подложены прокладки из упругого материала; при этом пространство между лагами может быть частично заполнено засыпкой из песка или шлака, или заполнено минеральной ватой;

– перекрытия в «голом» виде, без верхнего покрытия не применяются ввиду их очень низкой изоляции шума, особенно ударного.

12.5 Перекрытие с полом на упругом основании представляет собой конструкцию, состоящую из несущих плит перекрытия, на которые уложен слой упругого материала, поверх которого выполнена стяжка и на нее уложен пол. Вместо упругого слоя и стяжки на несущие плиты перекрытия могут быть уложены лаги, опирающиеся на упругие прокладки, поверх лаг устраивается конструкция пола.

В настоящее время здания строятся в основном с железобетонными перекрытиями, которые подразделяются на монолитные, сборно–монолитные и сборные.

Несущая часть перекрытия обычно выполняется в виде железобетонных плит различной толщины. Для обеспечения нормативной изоляции воздушного шума минимальная толщина плит должна быть не менее 160 мм. Однако на реальных объектах распространено применение перекрытий из железобетонных плит толщиной 120 – 140 мм, на которые уложен линолеум, что обусловлено в первую очередь стремлением к удешевлению строительства. Такие перекрытия не обеспечивают выполнение норм по изоляции воздушного шума, что приводит к многочисленным жалобам населения.

В ряде случаев в качестве перекрытий применяют профнастил, на котором формируется монолитная железобетонная плита.

В качестве упругого слоя в плавающих полах применяют различные материалы, описанные в Приложении Б.

12.6 Стяжки, применяемые в перекрытиях, прежде всего защищают упругий слой от разрушения и способствуют более равномерному распределению нагрузки по площади перекрытия.

В зависимости от назначения стяжки подразделяют на выравнивающие, выравнивающе–теплоизоляционные и выравнивающе–звукоизоляционные.

В зависимости от сцепления с основанием, на котором они устраиваются, стяжки бывают связанные, защитные и плавающие.

В случае связанной стяжки между стяжкой и основанием (несущей плитой перекрытия) отсутствуют какие-либо посторонние слои (пленки, прослойки, прокладки, подсыпки и т.п.). Пример связанной стяжки показан на рисунке 12.3. Поэтому связанные стяжки могут быть только выравнивающими, предназначенными для придания полу необходимой высоты или уклона. Связанная стяжка, повышая поверхностную плотность плит перекрытия, улучшает его изоляцию от воздушного шума, но не от ударного шума.

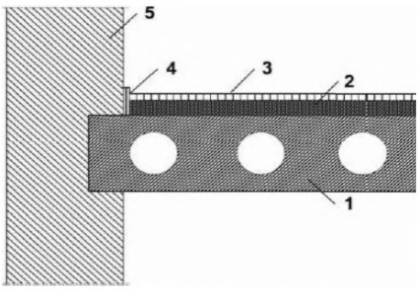


Рисунок 12.3 – Схема связанной стяжки:
1 – междуэтажное железобетонное перекрытие; *2* – связанная стяжка; *3* – чистый пол; *4* – прокладка между стеной и стяжкой с полом (ТеплоЗвукоИзол); *5* – стена

Стяжки, предназначенные для защиты теплоизоляционного слоя, получили название «защитные выравнивающе–теплоизоляционные стяжки».

Обычно при устройстве этой разновидности «защитных стяжек» преследуют три цели:

- защита теплоизоляции;

• устройство твердого пола (цементного или с финишным покрытием) по полужесткому или сыпучему теплоизолирующему материалу (например, полы в чердачных или подвальных помещениях);

• устройство твердого основания с заданными уклонами по полужесткому или сыпучему теплоизолирующему материалу для наклейки гидроизоляционного ковра (например, устройство плоских крыш жилых и общественных зданий и сооружений) в качестве финишного покрытия.

Выравнивающе–звукоизоляционные стяжки применяются в конструкциях плавающих полов. Схема типовой конструкции плавающего пола изображена на рис.12.4.

12.7 При устройстве плавающего пола на плиту перекрытия укладывается слой упругого изоляционного материала толщиной 3–20 мм (например, ТермоЗвукоИзол, изолон, вилатерм и др.), поверх которого устраивается массивная выравнивающая стяжка. Стяжка представляет собой армированную плиту из бетона, гипса, цементно–песчаной смеси или других подобных материалов толщиной 50–80 мм или из листов ГКЛ,ГВЛ, ЦСП и т.п. При этом стяжка должна быть отделена от стен упругими прокладками толщиной 10 – 20 мм по всему периметру изолируемого помещения для того, чтобы исключить образование звуковых мостиков, наличие которых приводит к существенному снижению звукоизоляции.

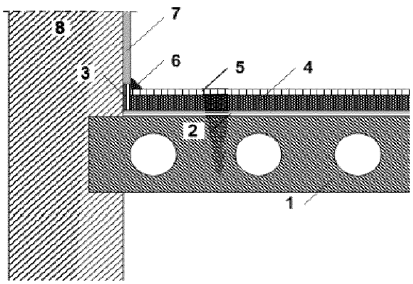


Рисунок 12.4 – Схема конструкции плавающего пола:

1 – междуэтажное железобетонное перекрытие; *2*– упругий слой; *3* – прокладка упругого материала, отделяющего плавающий пол от стены; *4* – стяжка с поверхностной плотностью не менее 80 кг/м^2; *5* – чистый пол; *6* – плинтус; *7* – штукатурка на стене; *8* – стена

На рисунке 12.5 показан вид плавающего пола в объемной проекции.

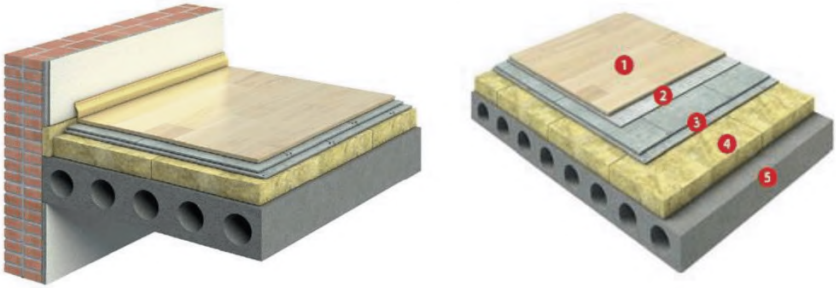


Рисунок 12.5 – Вид плавающего пола:
1 – покрытие пола; *2* – подложка; *3* – сборная стяжка из цементно-стружечных плит; *4* – упругий звукоизоляционный материал; *5* – плита перекрытия

На рисунке 12.6 показан вид звукоизоляционного пола по деревянным лагам.

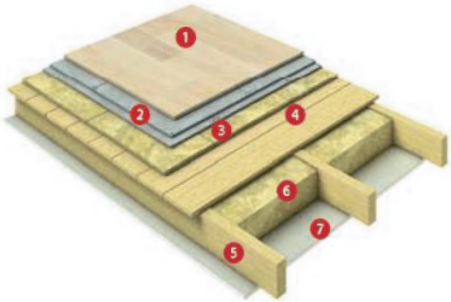


Рисунок 12.6 – Звукоизоляционный пол по деревянным лагам с минераловатными плитами:
1 – чистый пол; *2* – сборная стяжка из ЦСП; *3* – звукоизоляционный упругий слой; *4* – черновой пол; *5* – лаги; *6* – плиты звукоизоляционного материала; *7* – акустическая обшивка потолка нижнего этажа

12.8 К перекрытиям в жилых, общественных и промышленных зданиях предъявляются требования по изоляции воздушного и ударного шума. Изолирующая способность перекрытия по отношению к воздушному шуму оценивается индексом изоляции воздушного шума R_w, дБ. Изолирующая способность перекрытия по отношению к ударному шуму оценивается индексом приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ.

При проведении лабораторных или натурных измерений изоляцию воздушного шума перекрытием определяют по формуле (4.3), а изоляцию перекрытием ударного шума характеризуют также еще и приведенным уровнем ударного шума, определяемым по формуле (4.5).

При проектировании зданий изоляция воздушного и ударного шума должна определяться расчетным путем.

Расчет изоляции воздушного шума перекрытием

12.9 Индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ, междуэтажным перекрытием с полом из рулонных материалов и без звукоизоляционного упругого слоя определяют в соответствии с п. 13.7, принимая при этом величину m, равной поверхностной плотности плиты перекрытия без учета рулонного пола.

12.10 Если в качестве рулонного покрытия пола используют поливинилхлоридный линолеум на волокнистой теплозвукоизоляционной подоснове, то расчетный индекс изоляции воздушного шума перекрытием следует уменьшить на 1 дБ. Это связано с тем, что такие линолеумы состоят из верхнего жесткого слоя износа и упругого слоя подосновы, которые можно рассматривать как систему масса–упругость. В области собственных частот колебаний такой системы из–за резонансных явлений происходит ухудшение звукоизоляции, пропорциональное потерям на внутреннее трение в упругом слое.

12.11 При наличии перекрытия с плавающим полом индекс изоляции воздушного шума определяют по таблице 12.1 в зависимости от значения индекса изоляции воздушного шума несущей плитой перекрытия R_{w0} (определяется по п.13.7) и от частоты резонанса конструкции перекрытия $f_{рез.}$, определяемой по формуле:

$$f_{рез.} = 0{,}16\sqrt{E_д(m_1 + m_2)/dm_1m_2}\,, \qquad (12.1)$$

где $E_д$ – динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, Па, (принимается по таблице 12.2);

m_1 –поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м^2,

m_2 – поверхностная плотность конструкции пола вместе со стяжкой без звукоизоляционного слоя, кг/м^2;

d – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м, определяется по формуле:

$$d = d_0 (1 - \varepsilon), \qquad (12.2)$$

где d_0 – толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии, м,

ε – относительное сжатие материала упругого звукоизоляционного слоя под расчетной нагрузкой, определяется по таблице 12.2.

Таблица 12.1 – Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w, дБ, при индексе изоляции несущей плитой перекрытия R_{wo}, дБ

Конструкция пола	$f_{рез}$, Гц	Индекс изоляции воздушного шума перекрытием R_w, дБ, при индексе изоляции несущей плитой перекрытия R_{wo}, дБ					
		43	46	49	52	55	57
1	2	3	4	5	6	7	8
Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой (ЗИ слой) в виде ленточных прокладок с $E_д = 5 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5$ Па при расстоянии между полом и несущей плитой перекрытия 60 – 70 мм	160 200 250 320 400 500	53 50 49 48 47 46	53 50 49 48 47 46	55 53 52 51 50 –	56 54 53 53 52 –	57 56 55 55 – –	58 58 57 – – –
Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плиах с m= 60 – 120 кг/м^2 по ЗИ слою с $E_д = 3 \cdot 10^5$ – –$10 \cdot 10^5$ Па	63 80 100 125 160 200	– 53 52 51 50 47	55 54 53 52 51 49	56 55 54 53 53 51	57 56 55 54 54 53	58 57 56 55 55 –	59 58 58 57 57 –
То же по ЗИ слою из песка с $E_д = 12 \cdot 10^6$ Па	200 250 320 400 500	– 50 49 48 47	53 52 51 50 49	54 53 52 51 51	55 54 54 53 53	56 55 55 55 55	58 57 57 57 57

Таблица 12.2 – Динамический модуль упругости и относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на звукоизоляционный слой

Материалы	Плотность, кг/м^2	Динамический модуль упругости $E_д$, Па, и относительное сжатие ε материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на звукоизоляционный слой, Па					
		2000		5000		10000	
		$E_Д$	ε	$E_Д$,	ε	$E_Д$	ε
1	2	3	4	5	6	7	8
Плиты минераловатные на синтетическом связующем							
Полужесткие	70–90	$3{,}6\cdot10^5$	0,5	$4{,}5\cdot10^5$	0,55	$5{,}6\cdot10^5$	0,7
	95–100	$4{,}0\cdot10^5$	0,5	$5{,}0\cdot10^5$	0,55	$6{,}0\cdot10^5$	0,65
Жесткие	110–125	$4{,}5\cdot10^5$	0,5	$5{,}5\cdot10^5$	0,5	$7{,}0\cdot10^5$	0,6
	130–150	$5{,}0\cdot10^5$	0,4	$6{,}0\cdot10^5$	0,45	$8{,}0\cdot10^5$	0,55
Плиты из изовербального волокна на синтетическом связующем	70–90	$1{,}9\cdot10^5$	0,1	$2{,}0\cdot10^5$	0,15	$2{,}6\cdot10^5$	0,2
	100–120	$2{,}7\cdot10^5$	0,08	$3\cdot10^5$	0,10	$4{,}0\cdot10^5$	0,15
	125–150	$3{,}6\cdot10^5$	0,07	$5{,}0\cdot10^5$	0,08	$6{,}5\cdot10^5$	0,1
Маты минераловатные прошивные	75–125	$4{,}0\cdot10^5$	0,65	$5{,}0\cdot10^5$	0,7	–	–
	126–175	$5{,}0\cdot10^5$	0,5	$6{,}5\cdot10^5$	0,55	–	–
Плиты древесноволокнистые мягкие	250	$10{,}0\cdot10^5$	0,1	$12\cdot10^5$	0,2	$12{,}5\cdot10^5$	0,25
Прессованная пробка	200	$11{,}0\cdot10^5$	0,1	$12\cdot10^5$	0,2	$12{,}5\cdot10^5$	0,25
Песок прокаленный	1300–1500	$120\cdot10^5$	0,03	$13\cdot10^5$	0,04	$14{,}0\cdot10^5$	0,06
Материалы из пенополиэтилена и пенополипропилена:							
Велимат		$1{,}4\cdot10^5$	0,19	$1{,}6\cdot10^5$	0,37	–	–
Пенополиэкс		$1{,}8\cdot10^5$	0,02	$2{,}5\cdot10^5$	0,1	–	–
Изолон (ППЭ–Л–3020)		$2{,}0\cdot10^5$	0,05	$3{,}4\cdot10^5$	0,1	–	–
Изолон (ППЭ–Л–3010)		$2{,}3\cdot10^5$	0,04	$3{,}7\cdot10^5$	0,08	–	–
Энергофлекс, пенофол, вилатерм		$2{,}7\cdot10^5$	0,04	$4{,}0\cdot10^5$	0,1	–	–
Парколаг		$2{,}6\cdot10^5$	0,!	$3{,}7\cdot10^5$	0,15	–	–
Термофлекс		$4{,}0\cdot10^5$	0,03	$5{,}1\cdot10^5$	0,1	–	–
Порилекс (НПЭ)		$4{,}7\cdot10^5$	0,15	$5{,}8\cdot10^5$	0,2	–	–
Этафом (ППЭ–Р)		$6{,}4\cdot10^5$	0,02	$8{,}5\cdot10^5$	0,1	–	–
Пенотерм		$6{,}6\cdot10^5$	0,1	$8{,}5\cdot10^5$	0,2	–	–

Примечания: 1. Для нагрузок на звукоизоляционный слой, не указанных в данной таблице, величины $E_Д$ и ε следует принимать по линейной интерполяции в зависимости от фактической нагрузки.

2. В таблице даны ориентировочные величины $E_Д$ и ε, более точные данные следует брать из сертификатов на материалы.

Найденный вышеописанными способами индекс изоляции воздушного шума перекрытием сравнивается с нормативным значением по таблице А.1 Приложения А, на основании чего принимается заключение о выполнении или невыполнении норм по изоляции воздушного шума.

Расчет изоляции ударного шума перекрытием

12.2 Приведенный уровень ударного шума в помещении под однослойным перекрытием («голой» плитой перекрытия), возбуждаемым ударной машиной, для диапазона частот $f_{гр.} < f < 0{,}37/\tau$ ориентировочно равен:

$$L_{пл.} = 135 - 10 \lg (\rho^{1,5} E^{0,5} h^3 \eta) \text{ , дБ,} \qquad (12.3)$$

где $f_{гр.}$ – граничная частота плиты перекрытия, Гц,

τ – продолжительность удара молотка стандартной ударной машины по пере крытию, с,

ρ – поверхностная плотность материала перекрытия, кг/м^2,

E – модуль Юнга, Па,

h – толщина плиты перекрытия, м,

η – коэффициент потерь.

Из этой формулы (12.3) видно, что наибольшее влияние на приведенный уровень ударного шума под перекрытием оказывает толщина перекрытия – при удвоении толщины перекрытия изоляция ударного шума увеличивается на 9 дБ. Увеличение плотности материала перекрытия уменьшает приведенный уровень ударного шума на 4,5 дБ при каждом удвоении частоты, а увеличение динамического модуля упругости на 1,5 дБ.

Из формулы (12.3) также следует, что приведенный уровень ударного шума от частоты явно не зависит. Однако коэффициент потерь η с ростом частоты уменьшается, что приводит к увеличению уровня ударного шума на 2–3 дБ на октаву в диапазоне частот до $f = 0{,}37/\tau$, а на более высоких частотах происходит снижение приведенного уровня ударного шума вследствие влияния местного смятия пола в точке удара молотка ударной машины.

12.3 При выборе на стадии проектирования конструкции несущей части железобетонного перекрытия для предварительной оценки изоляции ударного шума можно пользоваться данными таблицы 12.3. .

Таблица 12.3 – Ориентировочные величины изоляции воздушного и ударного шума несущими железобетонными плитами перекрытий

Тип несущей части перекрытия		**Поверхностная плотность перекрытия m, кг/м^2**	**Индекс изоляции приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ**	**Индекс изоляции воздушного шума R_w, дБ**
Сплошная железобетонная плита (γ = 2500 кг/м^2) толщиной d, мм	120	300	77	50
	140	350	75	51
	160	400	73	53
	180	450	71	54
	200	500	69	55
	220	550	68	56
Сборные перекрытия по железобетонным балкам с пустотелыми вкладышами	200		84	48
	300		78	50
Ребристые перекрытия	250		76	48
Армокаменные перекрытия	250		80	48
	300		78	50

12.4 Многочисленные измерения показали, что однослойные перекрытия не обеспечивают снижения ударного шума до нормативных требований даже при очень большой толщине перекрытия. Поэтому для повышения изоляции ударного шума до требуемых значений необходимо применять полы более сложной конструкции, а именно, например, полы из рулонных материалов на упругой подкладке, полы на упругом основании (плавающие полы), полы по лагам на упругих прокладках.

Изоляция ударного шума перекрытиями с полами из рулонных материалов

12.5 Одной из основных звукоизоляционных характеристик рулонных полов является продолжительность удара τ молотка стандартной ударной машины, т.е. продолжительность контакта молотка с рулонным полом; чем мягче материал пола,

тем продолжительнее этот контакт вследствие бóльшего смятия поверхности пола. Практически при полах из рулонных материалов продолжительность удара $\tau > 1$ мс, поэтому для перекрытий с рулонными полами учет этого фактора необходим на всех частотах. В таблице 12.4 приведена продолжительность удара τ для ряда материалов, используемых в качестве рулонного покрытия, в зависимости от их толщины.

Таблица 12.4 – Зависимость продолжительности удара от материала и толщины рулонного покрытия

Материал покрытия	**Продолжительность удара τ, мс, в зависимости от толщины рулонного покрытия, мм**		
	5	**10**	**15**
Бетонная плита	0,5		
Линолеум, релин, ковровая дорожка на подкладке из губчатой резины	5,4	7,0	–
То же, но на подкладке из мягкой листовой технической резины на натуральном каучуке	2,6	4,4	5,0
То же, но на подкладке из мягкой листовой технической резины на синтетическом каучуке	1,4	2,9	3,5
Примечание – Для промежуточных значений толщины рулонного покрытия продолжительность удара τ определяется интерполированием			

Минимальная частота, начиная с которой влияние местного смятия становится явно заметным, равна:

$$f_0 = 0{,}45/\tau \text{ , Гц}, \qquad (12.4)$$

где τ – продолжительность удара, с.

12.6 Приведенный уровень ударного шума под плитой перекрытия с рулонным покрытием определяется по формуле

$$L = L_{\text{пл.}} - \Delta L, \text{ дБ}, \qquad (12.5)$$

где $L_{\text{пл.}}$ – приведенный уровень шума в помещении под «голой» однослойной плитой перекрытия, дБ, определяется по формуле (12.3*)*,

ΔL – снижение уровня ударного шума вследствие местного смятия при ударе в рулонном покрытии, дБ, определяется по формуле:

$$\Delta L = 40\lg (f / f_0) \text{ , дБ}. \qquad (12.6)$$

Отсюда видно, что на частотах $f > f_0$ снижение приведенного уровня ударного шума происходит со скоростью 12 дБ на октаву.

12.7 Изоляцию ударного шума перекрытиями с полами из рулонных материалов рассчитывают в следующем порядке:

- в зависимости от материала и толщины рулонного покрытия по таблице 12.4 определяют продолжительность удара τ;

- вычисляют по формуле (12.4) частоту f_0;

- строят на основании формулы (12.6) график величины ΔL, для чего на оси абсцисс отмечают точку, соответствующую f_0 и проводят из нее вправо вверх прямую с наклоном 12 дБ на октаву;

- на график наносят кривую требуемого снижения приведенного уровня ударного шума $\Delta L_{тр.}$, для этого по таблице 12.5 определяют номер нормативного спектра в зависимости от поверхностной плотности несущей плиты перекрытия, а по рисунку 12.7 его график;

- далее вычисляют индекс приведенного уровня ударного шума и сравнивают его с нормативным значением.

Таблица 12.5 – Индексы L_{nw0} приведенного уровня ударного шума под несущей плитой перекрытия и номера соответствующей частотной характеристики уменьшения приведенного уровня ударного шума при наличии рулонного пола

Поверхностная плотность несущей плиты перекрытия, кг/м^2	**Индекс L_{nw0}, дБ, приведенного уровня ударного шума несущей плиты перекрытия**	**Номер соответствующего нормативного спектра**
Перекрытия со сплошными и многопустотными плитами		
150	86	1
200	84	2
250	82	3
300	80	4
350	78	5
400	77	6
450	76	7
500	75	8
Примечания: 1. При подвесном потолке из листовых материалов (ГКЛ, ГВЛ и т.п.) из значений L_{nw0} вычитают 1 дБ. 2. При заполнении пространства над подвесным потолком звукопоглощающим материалом из значений L_{nw0} вычитают 2 дБ.		

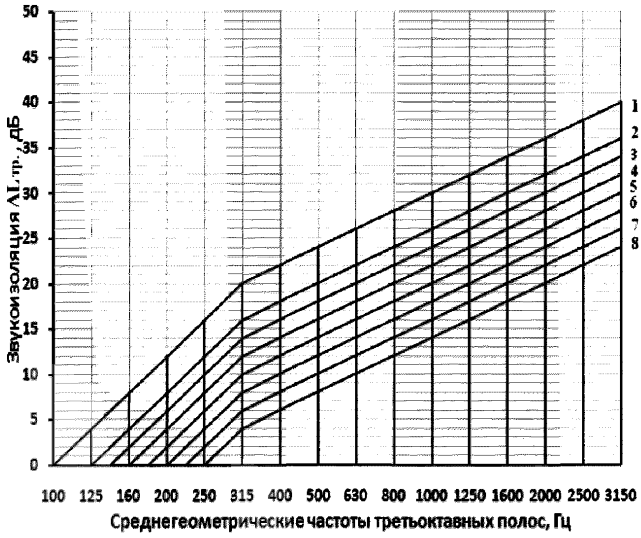


Рисунок 12.7 – Частотные характеристики требуемого снижения приведенного уровня ударного шума $\Delta L_{\text{тр.}}$

12.8 Для вычисления индекса изоляции ударного шума надо найти сумму неблагоприятных отклонений найденной кривой приведенного уровня ударного шума от нормативного спектра $\Delta L_{\text{тр.}}$. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от нормативного спектра.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально близка к 32 дБ, но не превышает это значение, то индекс приведенного уровня ударного шума $L_{\text{nw}} = 60$ дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений заметно меньше 32 дБ или отсутствует, то нормативный спектр сдвигают вверх на целое число децибел Δ до тех пор, пока сумма неблагоприятных отклонений от смещенного нормативного спектра не станет максимально близкой к 32 дБ, но не больше их. Значение Δ при этом берется со знаком плюс.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно больше 32 дБ, то нормативный спектр сдвигается вниз на целое число дБ, пока сумма неблагоприятных отклонений от смещенного нормативного спектра не станет максимально близкой к 32 дБ, но не больше их. Значение Δ при этом берется со знаком минус.

Окончательно индекс приведенного уровня ударного шума $L_{nw} = 60 - \Delta$, дБ, с учетом знака при Δ.

12.9 Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием с рулонным покрытием может быть определен ориентировочно ускоренным методом по формуле:

$$L_{nw} = L_{nw0} - \Delta L_{y}, \text{ дБ}, \quad (12.6)$$

где L_{nw0} – индекс приведенного уровня ударного шума «голой» несущей плиты перекрытия, принимается по таблице 12.5 в зависимости от поверхностной плотности несущей плиты перекрытия, дБ;

ΔL_{y} – индекс снижения приведенного уровня ударного шума при устройстве рулонного пола (принимается по таблице 12.6), дБ.

Таблица 12.6 – Индексы снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_{y} рулонными покрытиями полов

Наименование рулонного материала	**Толщина рулонного покрытия, мм**	**Индекс снижения ΔL_{y}, дБ, приведенного уровня ударного шума**
ПВХ теплозвукоизоляционный ПВХ ТЗИЛ линолеум	3,5 4,1	18 20
ПВХ ТЗИЛ экструзионный	3,9 4,1 5,3	18 19 23
ПВХ ТЗИЛ вальцово–каландровый на основе из синтетических волокон	3,8 4,1	19 21
То же, на основе из джутовых или лубяных волокон	3,6	16
ПВХ ТЗИЛ экструзионный на основе из синтетических волокон	4,0 4,3	21 23
ПВХ ТЗИЛ промазной на основе из синтетических волокон	4,0	20
ПВХ ТЗИЛ вальцово–каландровый антисептированный	4,1 4,2	15 17
Релин с пористым слоем	4,0	16
Тафтинговый ковер	3,0	19
Ворсолин	7,0	20
Ворсонит	4,5	18

12.10 При наличии упругого слоя ударные воздействия на пол вызывают деформации в упругом слое, на которые расходуется часть энергии. При конструкции

перекрытия с лагами ударный шум может дополнительно передаваться через воздушные промежутки между лагами.

Согласно формуле (12.6), чем ниже частота собственных колебаний пола на упругом основании, тем больше величина снижения ударного шума с ростом частоты. Из формулы видно, что с каждым удвоением частоты изоляция ударного шума увеличивается на 12 дБ на октаву.

Однако, начиная со средних частот, начинают проявляться волновые процессы в упругом слое, чтобы приводит к замедлению прироста изоляции ударного шума до 6 дБ на октаву.

12.11 Для проверки, удовлетворяет ли данная конструкция перекрытия с полом на упругом слое нормативным требованиям, необходимо прежде всего определить частотную характеристику снижения уровня ударного шума полом на упругом основании. Расчет проводят в следующей последовательности:

Определяют поверхностные плотности составляющих элементов перекрытия – несущих плит $m_{\text{пл.}}$, упругого слоя $m_{\text{упр.}}$, стяжки и пола на упругом основании $m_{\text{ст.+пол.}}$ (при полах по лентам из упругих материалов поверхностную плотность определяют как для сплошного слоя).

В соответствии с таблицей 12.5 и рисунком 12.1 находим кривую требуемого снижения приведенного уровня ударного шума $\Delta L_{\text{тр.}}$ Далее необходимо вычислить коэффициент жесткости упругого основания K:

$$K = E_{\text{д}} / d ,$$

где $E_{\text{д}}$ – динамический модуль упругости прокладки (по таблице 12.2);

d – толщина прокладки в обжатом состоянии (определяется по формуле (12.2).

После этого находят резонансную частоту колебаний пола на упругом основании:

$$f_0 = (1/2\pi)\sqrt{K / m_{ст.+пол}} , \text{ Гц.} \qquad (12.7)$$

Отсюда следует, что чем больше поверхностная масса стяжки вместе с полом, тем ниже резонансная частота, а следовательно, тем лучше изоляция ударного

шума. Следует стремиться к тому, чтобы резонансная частота оказалась ниже 100 Гц.

Затем определяют снижение приведенного уровня ударного шума на низких частотах $f \le 0{,}7 f_0 \sqrt{m_{ст.+пол.} / m_{упр.}}$ и определяют величину $\lambda = m_{пл.} / m_{ст.+пол.}$

Если $2 < \lambda < 7$, то для построения частотной характеристики на рисунке 12.1 изображают прямую $АА_1$, выходящую из точки f_0 на оси абсцисс с наклоном 12 дБ на октаву.

Если $\lambda \le 2$ или $\lambda \ge 7$, то вычисляют вспомогательную величину ΔL_2:

$$\Delta L_2 = 10 \lg [(\lambda+1)^2 / \lambda^2 + (f/f_0)^2 (f^2/f_0^2 - 2(\lambda-1)/\lambda)] \text{, дБ.} \qquad (12.8)$$

От точки А на рисунке 12.1, соответствующей частоте f_0, откладывают вниз отрезок АВ = ΔL_2 и через найденную точку В и точку на частотной характеристике $\Delta L_{тр.}$, соответствующую частоте 315 Гц, проводят прямую до пересечения с прямой ББ1 в точке Д. Прямая ББ1 имеет наклон 6 дБ на октаву, ее построение описано в следующем пункте.

На средних и высоких частотах при $f \ge 0{,}7 f_0 \sqrt{m_{ст.+пол.} / m_{упр.}}$ определяют величину ΔL_3:

$$\Delta L_3 = 20 \lg (f/f_0) + 10 \lg (m_{ст.+пол.} / m_{упр.}) - 3. \qquad (12.9)$$

На рисунке 12.1 из точки А, соответствующей частоте f_0, на горизонтальной оси откладывают вертикально вверх отрезок АБ = [10 lg ($m_{ст.+пол.} / m_{упр.}$) –3] и определяют точку Б. Через эту точку проводят прямую $ББ_1$ с наклоном 6 дБ на октаву до пересечения с прямой $АА_1$, имеющей наклон 12 дБ на октаву, определяют точку Г. Полученную частотную характеристику $АГБ_1$ или $ВДБ_1$ сравнивают с частотной характеристикой $\Delta L_{тр.}$, используемой вместо нормативной кривой, и определяют индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ, в соответствии с п. 12.8.

12.12 Для обеспечения более высокой изоляции ударного шума целесообразно делать звукоизоляционную прокладку из двух различных по жесткости слоев (например, древесноволокнистые плиты и плиты из минеральной ваты). С помощью уменьшения жесткости звукоизоляционного слоя можно достичь заметно бóльшей изоляции ударного шума, чем за счет увеличения толщины стяжки.

12.13 При ленточных прокладках под лагами методика расчета остается той же самой, но расчетную частотную характеристику снижения приведенного уровня ударного шума под перекрытием следует опустить во всем частотном диапазоне на 3 дБ и далее сравнив ее с частотной характеристикой $\Delta L_{тр.}$, определить индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ.

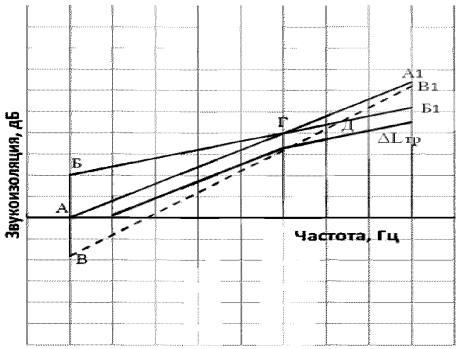


Рисунок 12.8 – Построение частотной характеристики снижения уровня ударного шума полом на упругом основании

При устройстве перекрытий с полами по лагам, под которые подкладываются упругие прокладки происходит дополнительная передача звука через воздушные промежутки между лагами. Однако при тяжелых несущих плитах перекрытия с поверхностной плотностью более 300 кг/м^2 (толщина плиты перекрытия не менее 120 мм) такая дополнительная передача звука несущественна по сравнению с основной передачей звука через конструкцию пола, лаги, несущие плиты перекрытия.

12.14 Для междуэтажных перекрытий с упругим слоем из песка улучшение изоляции ударного шума на средних и высоких частотах зависит от толщины слоя засыпки. Для перекрытий со сплошными или многопустотными плитами поверхностной плотностью не менее 300 кг/м^2 с упругим слоем из засыпки сухого песка толщиной не менее 60 мм изоляция ударного и воздушного шума соответствует нормативным требованиям.

12.15 Ориентировочно индекс изоляции приведенного уровня ударного шума может быть определен следующим способом. Вначале определяют частоту соб-

ственных колебаний пола на упругом основании по формуле (12.7) и далее по таблице 12.5 находят индекс приведенного уровня ударного шума несущей плиты перекрытия L_{nw0}. По таблице 12.7 определяют индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} в зависимости от величины индекса L_{nwo} и частоты собственных колебаний пола f_0.

Таблица 12.7 – Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw}, дБ, при индексе для несущей плиты перекрытия L_{nwo}, дБ

Конструкция пола	f_0,**Гц**	**Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw}, дБ, при индексе для несущей плиты перекрытия L_{nwo}, дБ**						
		86	**84**	**82**	**80**	**78**	**76**	**74**
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой (ЗИ слой) в виде ленточных прокладок с $E_д$= $5\cdot10^5$ – $12\cdot10^5$ Па при расстоянии между полом и несущей плитой перекрытия 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= 30кг/м^2 по ЗИ слою с $E_д$= $3\cdot10^5$ – $10\cdot10^5$ Па	100	60	58	56	54	52	51	50
	125	64	62	60	58	56	55	54
	160	68	66	64	62	60	59	58
	200	70	68	66	64	62	61	60
	250	72	70	68	66	64	63	62
3. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с m= 60кг/м^2 по ЗИ слою с $E_д$= $3\cdot10^5$ – $10\cdot10^5$ 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 ЗИ слою из песка с $E_д$= $12\cdot10^6$ 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 = 120кг/м^2 по ЗИ слою с $E_д$ = $3\cdot10^5$ – $10\cdot10^5$ Па	60	59	56	54	52	50	48	47
	80	61	58	56	54	23	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 ЗИ слою из песка $E_д$= $12\cdot10^6$ 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
Примечание – При промежуточных значениях поверхностной плотности стяжки (сборных плит) индексы следует определять методом интерполяции, округляя до целого числа дБ								

12.16 Звукоизоляционные материалы, используемые в конструкциях перекрытий, должны сохранять свои свойства в течение всего срока эксплуатации. Однако в действительности уже через несколько лет эксплуатации здания изоляция ударного шума заметно ухудшается, и происходит это в первую очередь из-за потери упругих свойств звукоизолирующей прокладкой.

Основные рекомендации по устройству плавающих полов

12.17 При устройстве плавающих полов прежде всего необходимо уложить на железобетонные плиты перекрытия выравнивающую стяжку. Для ребристиых и пустотных плит достаточно заделать стыки цементно-песчаным раствором. Толщина выравнивающей стяжки должна быть минимальной и определяться только условием закрытия неровней несущих плит. После высыхания выравнивающей стяжки на нее укладываются плиты или раскатываются рулоны звукопоглощающего материала. Плиты укладываются с разбежкой швов (стыков между плитами).

На выравнивающий слой укладывают звукоизоляционные плиты, плотно друг к другу, но с разбежкой швов, или раскатвают рулоны звукопоглощающего материала. Для улучшения монтажа можно на выравнивающую стяжку уложить геотекстильное полотно, а на него звукоизоляционные плиты.

Поверх звукоизоляционного слоя следует устроить гидропароизоляционный слой для защиты упругого материала от промокания, если перекрытие находится между помещениями с разными температурными режимами (например, над холодными подвалами).

Для устройства гидропароизоляционного слоя по упругому материалу раскатывают , например, полотна полиэтиленовой пленки с нахлестом по 200 мм, швы в местах нахлеста проклеивают скотчем.

Далее настяжку укладывают гидроизоляционный слой, а на него помещают плавающую стяжку. После высыхания стяжки на нее укладывается конструкция чистого пола.

12.18 Эмпирическим путем установлено, что эффективность плавающей стяжки напрямую зависит от ее веса на единицу площади (поверхностная плотность) и от модуля упругости прокладки, по которой устраивается стяжка.

Звукоизоляционные качества плавающей стяжки тем выше, чем она тяжелее и чем толще слой эластичного материала упругой прокладки, однако в определенных пределах.

Оптимальной толщиной упругой прокладки является 10 –15 мм, т.к. с ростом ее толщины уменьшается ее упругость, что приводит к сдвигу граничной частоты в сторону средних частот, т.е. ведет в целом к снижению звукоизоляционных свойств ограждения. Плавающая стяжка должна иметь поверхностную плотность не менее 50 кг/м^2, отсюда может быть определена ее минимально допустимая толщина.

В отношении звукоизоляции самой оптимальной и эффективной является полусухая механизированная цементно-песчаная фиброармированная стяжка, устроенная по европейскому технологическому регламенту. Ее вес при толщине 50 мм составляет 85 кг/м^2.

12.19 Практика показала, что наиболее эффективной упругой прокладкой для устройства плавающих полов является материал ТермоЗвукоИзол, толщиной 10–14 мм. Применение этого материала позволяет добиться снижения ударного шума плавающими стяжками на 10 – 12 дБ, что гарантирует выполнение нормативных требований по защите от ударного шума в зданиях различного типа.

Еще бóльшего звукоизоляционного эффекта можно добиться, применив композитную прокладку, состоящую из материала ТермоЗвукоИзол (нижний слой) и звукоизоляционной мембраны Tecsound (верхний слой).

ТермоЗвукоИзол – это иглопробивной стекловолокнистый холст, спрессованный механическим способом и запаянный в защитную оболочку из спанбонда. Применяется в качестве упругой вибродемпфирующей прокладки под стяжкой в перекрытиях с плавающим полом; в конструкциях стен и потолков в качестве амортизирующего и звукопоглощающего слоя.

12.20 Пол на звукоизоляционном слое (прокладках) не должен иметь жестких связей (звуковых мостиков) с несущей частью перекрытия, стенами и другими конструкциями здания, т.е. должен быть "плавающим". Для этого необходимо отделять стяжку и пол от боковых поверхностей стен и других конструкций здания за-

зором шириной 1–2 см, выполненным на всю толщину стяжки и заполненным прокладками из упругого материала.

Плинтусы или галтели следует прикреплять либо только к полу, либо только к стене.

В качестве материала изоляционного слоя следует применять плиты из акустической минеральной ваты на базальтовой или стекловолокнистой основе, различные виды вспененного пенополиэтилена, пенополипропилена, пробки, синтетических волокон. Различные материалы, рекомендуемые для использования в качестве упругого слоя в плавающих полах, более подробно рассмотрены в Приложении Б.

12.21 Изоляция ударного шума определяется эффективностью резонансной системы "масса–пружина–масса", где массами служат плита перекрытия и стяжка, а пружиной – упругость звукоизоляционного прокладочного материала, в области частот вблизи резонансной частоты звукоизоляция ограждения снижается. Поэтому следует стремиться максимально уменьшать значение резонансной частоты конструкции пола, стараясь, по–возможности, сделать ее ниже нижней границы нормируемого диапазона частот, т.е. ниже 100 Гц. Для этого необходимо увеличивать поверхностную плотность стяжки; уменьшать линейную динамическую жесткость звукоизоляционного слоя путем его утолщения или применения звукоизоляционного материала с меньшим динамическим модулем упругости. Однако при этом необходимо учитывать, что применение более мягкого материала изоляционного слоя снижает устойчивость и прочность конструкции стяжки.

Звукоизоляционную прослойку следует проектировать в виде сплошного слоя. При наличии ребер в плитах перекрытия или при устройстве лаг звукоизолирующие прокладки следует располагать вдоль их осей, при этом края прокладок должны выступать за контур лаг на 10–20 см.

12.22 Схема конструктивного решения узла примыкания пола на звукоизолирующем слое к стене (перегородке) показана на рисунке 12.9.

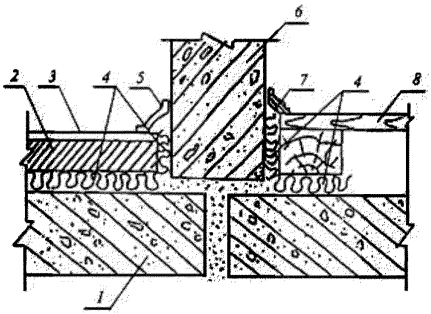


Рисунок 12.9 – Схема конструктивного решения узла примыкания пола на звукоизоляционном слое к стене (перегородке):
1 – несущая часть междуэтажного перекрытия; *2* – бетонное основание пола; *3* – покрытие пола; *4* – прокладка (слой) из звукоизоляционного материала; *5* – гибкий пластмассовый плинтус; *6* – стена; *7* – деревянная галтель; *8* – дощатый пол на лагах

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

Для повышения звукоизоляции перекрытий из железобетонных плит с пустотами целесообразно заполнять эти пустоты сыпучими материалами (песок, керамзит, шлаки и т.п.) при монтаже перекрытий.

12.23 В ряде зданий на первом этаже находятся шумные помещения (магазины, кафе, рестораны, предприятия бытового обслуживания или технические помещения с шумным оборудованием). Поэтому перекрытия между этими помещениями и расположенными на втором этаже жилыми помещениями должны обладать высокой звукоизоляцией. В таких случаях целесообразно проектировать двойные перекрытия, состоящие из железобетонной несущей части и самонесущего потолка, опи-

рающегося на самостоятельные внутренние несущие стены через виброизолирующие прокладки. Внутренние несущие стены не должны иметь никаких связей со стенами, на которые опирается несущая часть перекрытия. Другие внутренние стены и перегородки в шумном помещении также не должны иметь контактов с несущей частью перекрытия или проходить через него. Между несущей железобетонной частью и самонесущим потолком должен быть зазор в 20 –40 мм, заполненный звукоизоляционным материалом. Имеющиеся снизу самонесущего потолка зазоры, щели следует заделывать нетвердеющей мастикой, герметиком.

На рисунках 12.10, 12.11 показаны варианты устройства узлов примыкания плавающего пола к стенам (перегородкам).

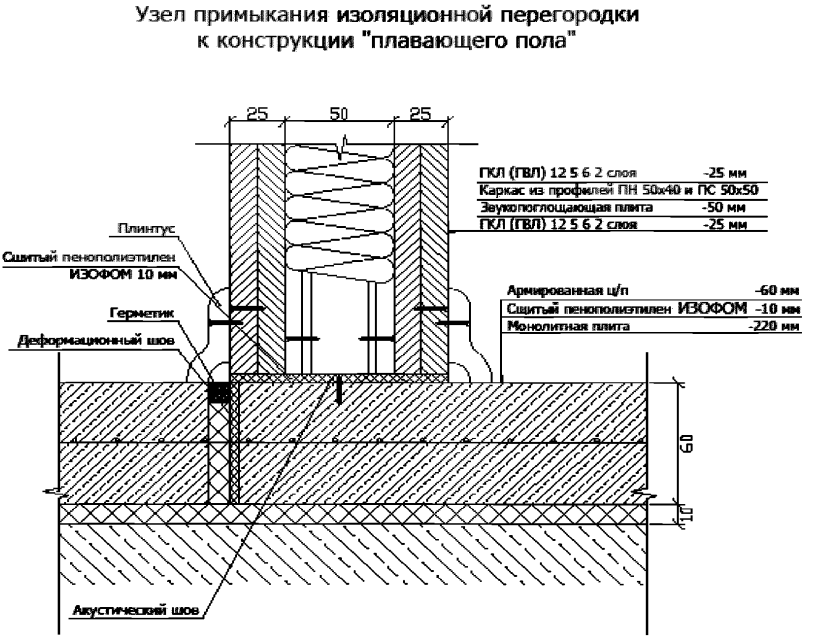


Рисунок 12.10 – Узел примыкания звукоизоляционной облицовки к конструкции плавающего пола

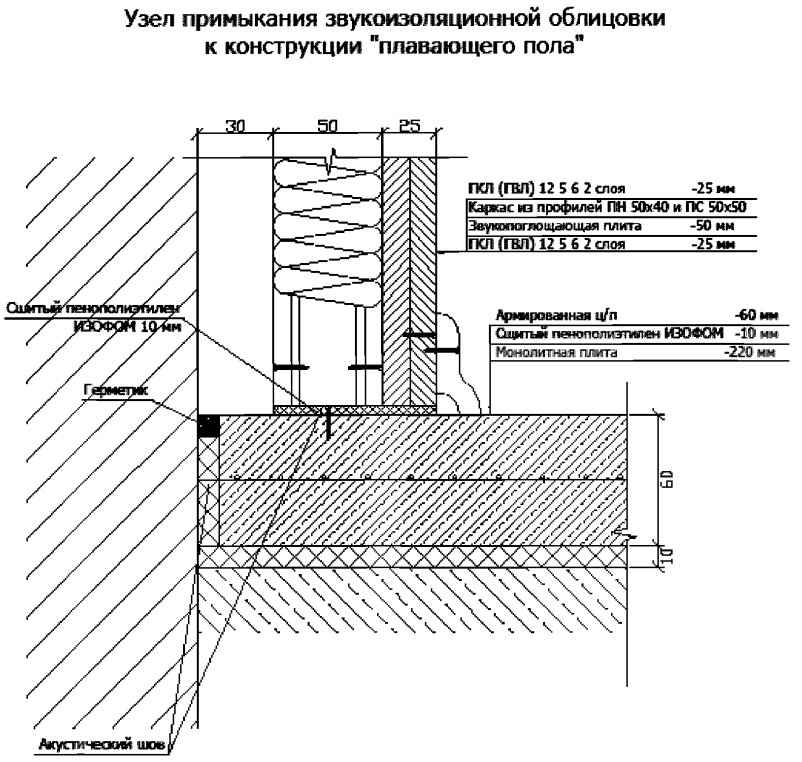


Рисунок 12.11 – Узел примыкания конструкции плавающего пола к несущим стенам

12.24 Если помимо высокой звукоизоляции необходимо обеспечить и виброизоляцию помещения (или находящегося в нем оборудования), а также защитить помещение от акустического воздействия на низких частотах, то конструкция плавающего пола выполняется с применением опорных элементов на основе уникального материала Sylomer, специально разработанного для решения задач в области виброзащиты австрийской фирмой Getzner Werkstoffe GmbH.

12.25 Иногда несущая способность межэтажного перекрытия не позволяет выполнить массивную конструкцию плавающего пола с бетонной стяжкой. В таком случае выполняется плавающий пол на лагах. При этом под лаги подкладывается упругий звукоизолирующий материал, а пространство между лагами заполняется

акустической минеральной ватой. К лагам прикрепляется массивный настил пола из плит ДСП, фанеры или др.

12.26 Для увеличения звукоизоляции плавающего пола на лагах необходимо:

– увеличивать поверхностную массу деревянного настила пола;

– монтировать лаги с помощью эластичных опор с низкой резонансной частотой;

– увеличивать насколько возможно высоту лаг;

– применять изоляционный слой с высоким коэффициентом звукопоглощения;

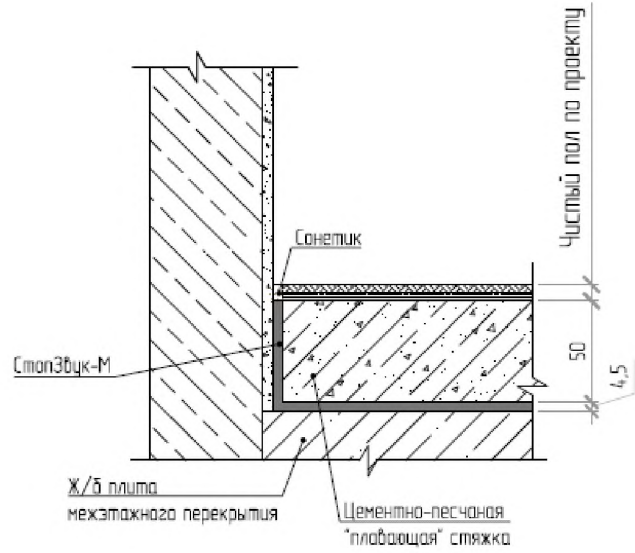
– отделять настил пола от боковых поверхностей стен упругими прокладками.

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

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве перекрытий с плавающими полами, а также полами других типов (чертежи)

Звукоизолирующий пол толщиной 54,5 мм, тип С-4.1	Lnw=25 дБ

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов



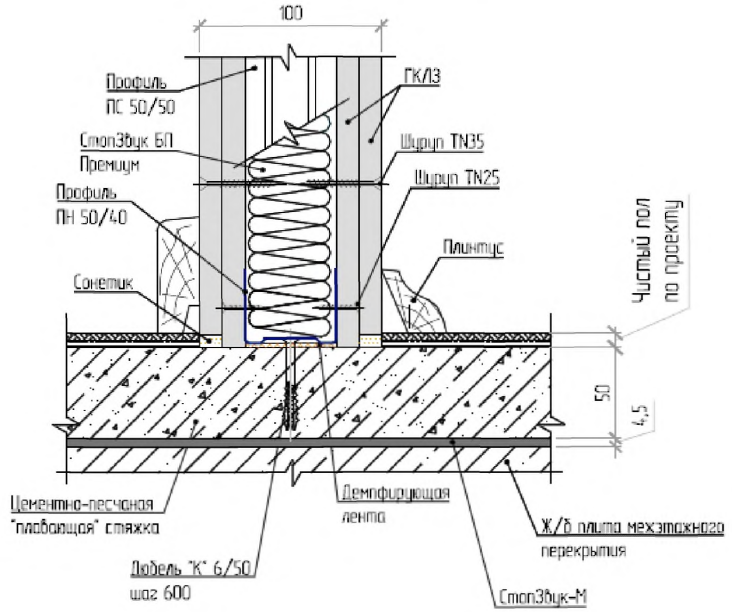
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина [2] пола (мм)	Lnw (дБ)
С-4.1	ЖБП140-С3М-ЦПС50-ЧП	54,5	25

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит звукоизолирующий пол. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

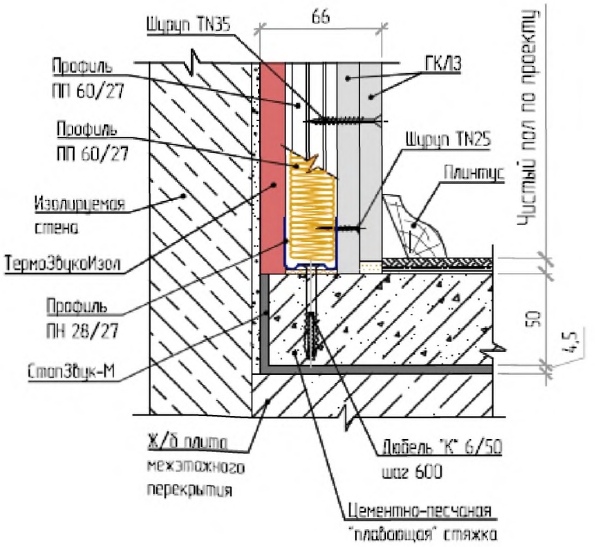
[2] Толщина звукоизолирующего пола дана без учета толщины слоев чистого пола.

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей перегородке С-1.1



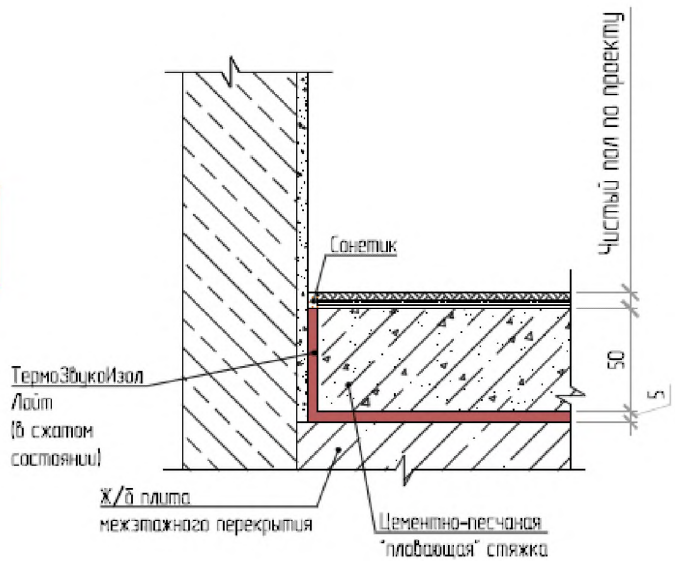
Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Звукоизолирующий пол толщиной 55 мм, тип С-4.2

Lnw=28 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве перекрытий с плавающими полами, а также полами других типов

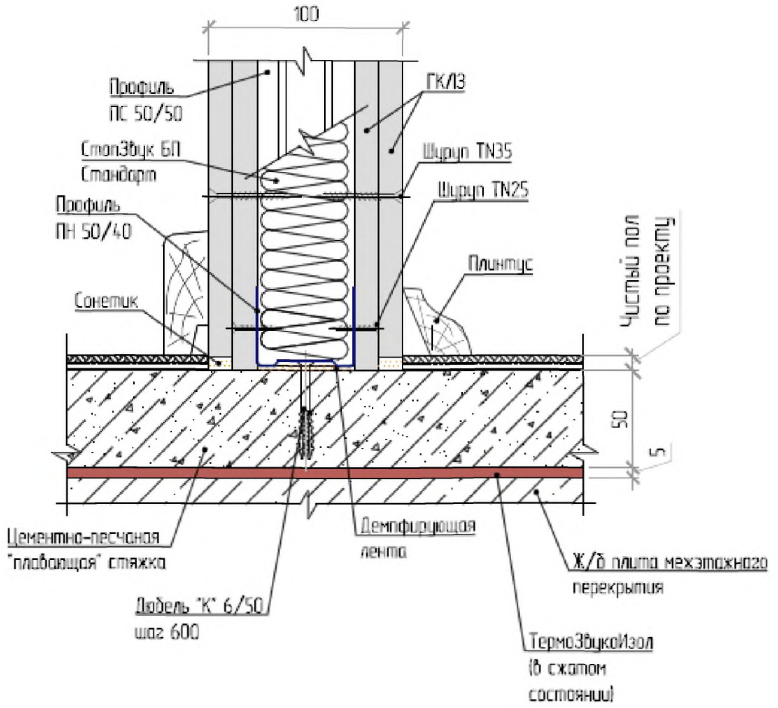


Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина [2] пола (мм)	Lnw (дБ)
С-4.2	ЖБП140-ТЗИЛ-ЦПС50-ЧП	55	28

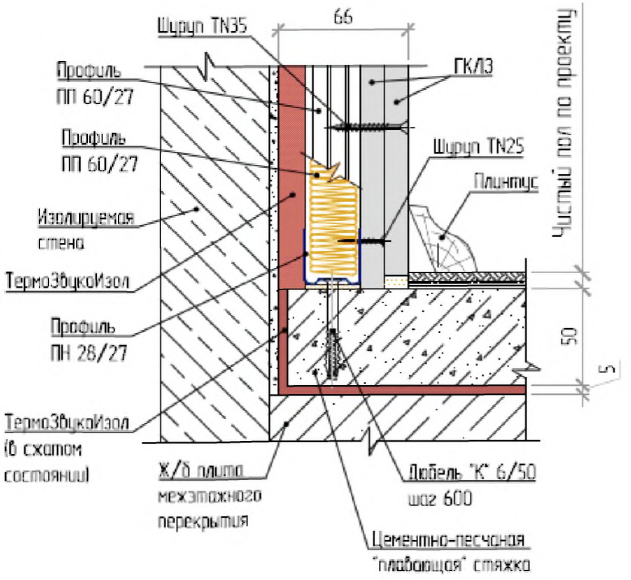
[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит звукоизолирующий
[2] пол. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев
Толщина звукоизолирующего пола дана без учета толщины слоев чистого пола.

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей перегородке С-1.1

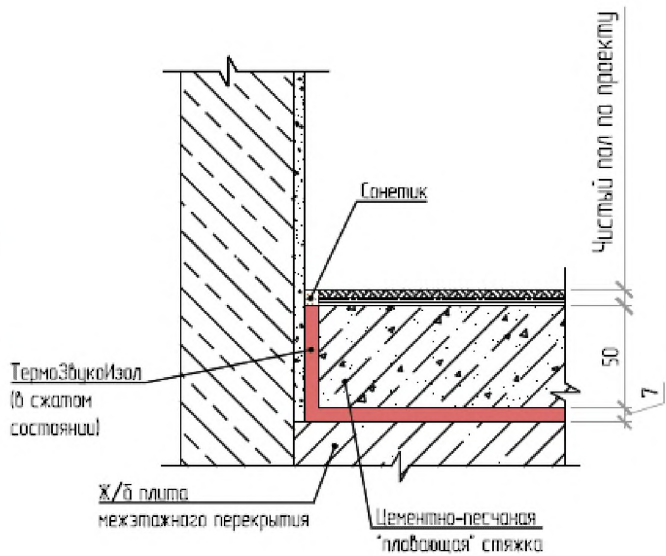


Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Звукоизолирующий пол толщиной 57 мм, тип С-4.3	Lnw=32 дБ

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

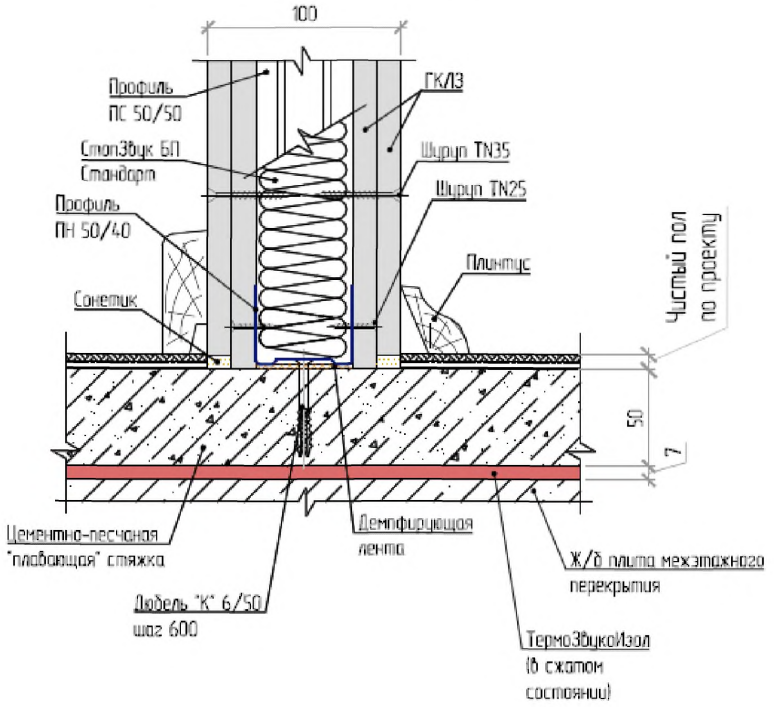


Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина [2] пола (мм)	Lnw (дБ)
С-4.3	ЖБП140-ТЗИ-ЦПС50-ЧП	57	32

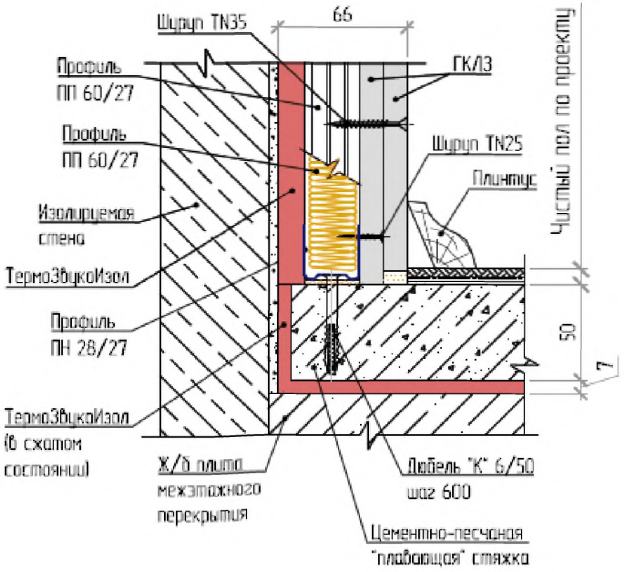
[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит звукоизолирующий
[2] пол. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев
Толщина звукоизолирующего пола дана без учета толщины слоев чистого пола.

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей перегородке С-1.1



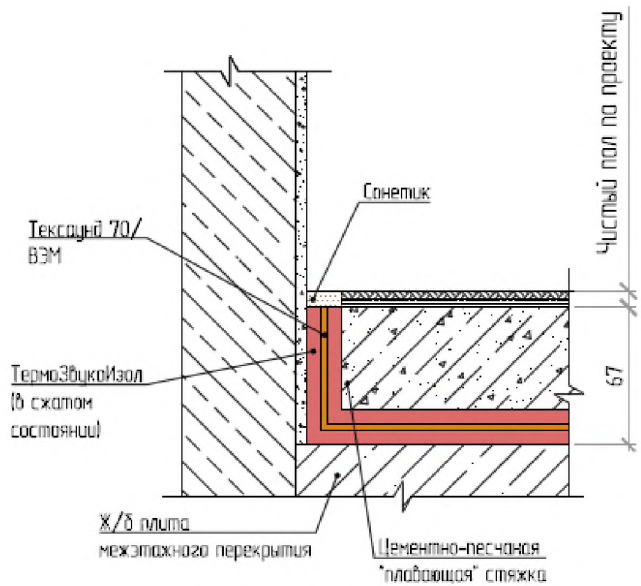
Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Звукоизолирующий пол толщиной 67 мм, тип С-4.4

ΔRw=15 дБ
Lnw=39 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве перекрытий с плавающими полами, а также полами других типов



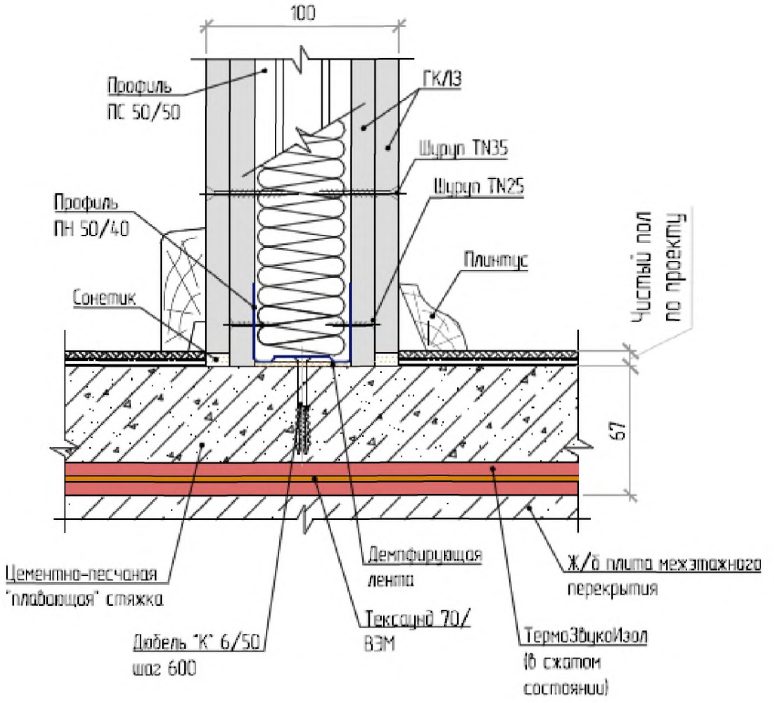
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина [2] пола (мм)	ΔRw (дБ)	Lnw (дБ)
С-5.3	ЖБП140-ТЗИ-(ТС70/ВЭМ)-ТЗИ-ЦПС50-ЧП	67	15	39

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит звукоизолирующий пол. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

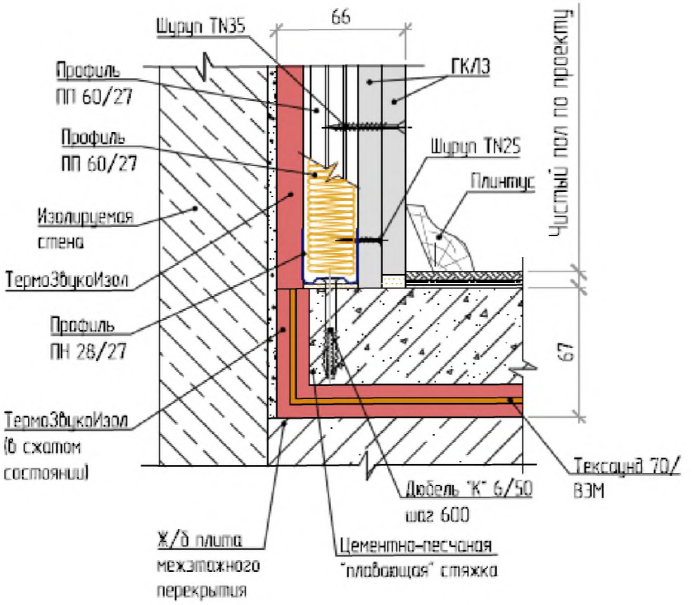
[2] Толщина звукоизолирующего пола дана без учета толщины слоев чистого пола.

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей перегородке С-1.1



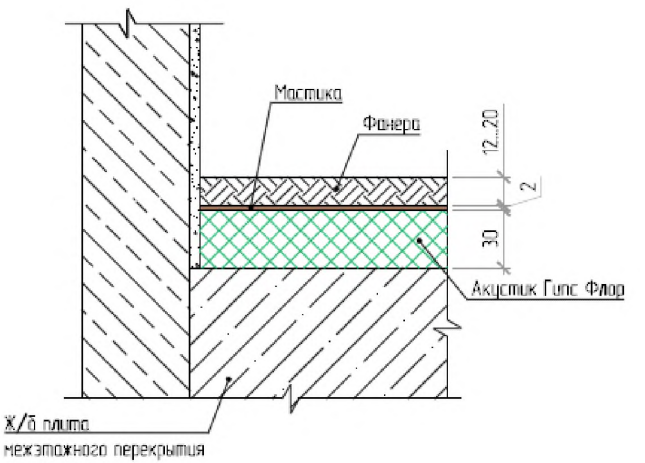
Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Звукоизолирующий пол толщиной 45 мм, тип С-4.5

Lnw=22 дБ

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов



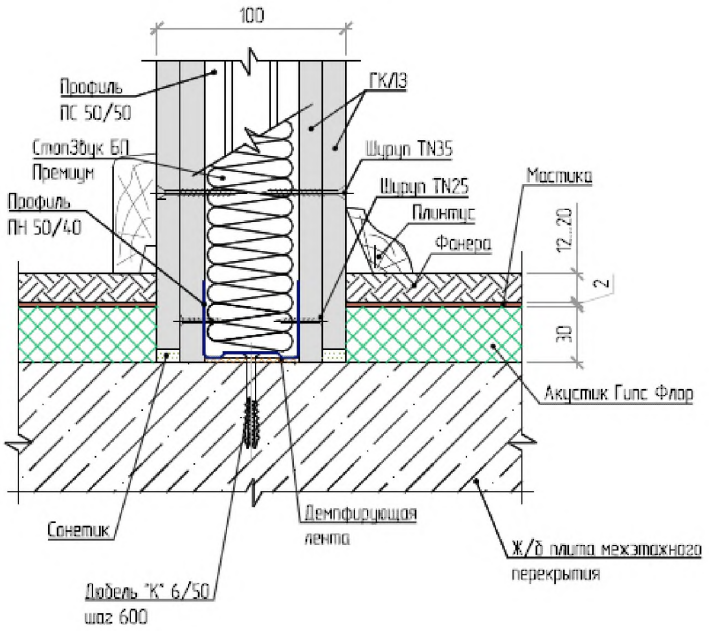
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина [2] пола (мм)	Lnw (дБ)
С-4.5	ЖБП140-АГФлор-Мастика-Фанера	45	22

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит звукоизолирующий пол. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

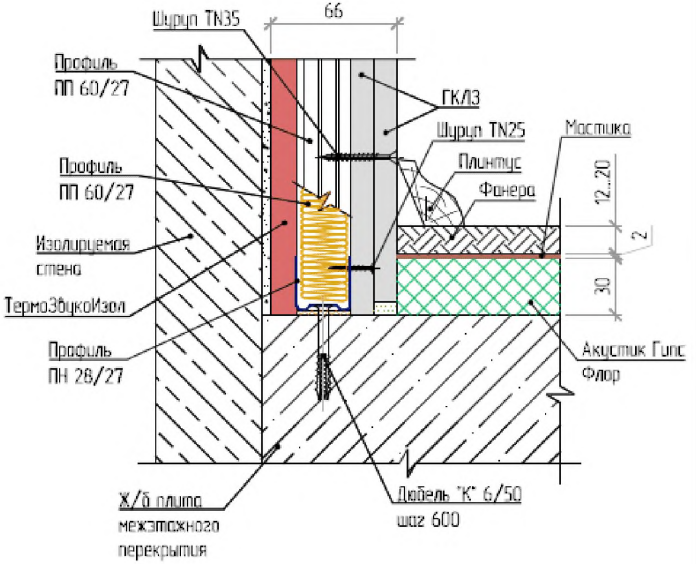
[2] Толщина звукоизолирующего пола дана без учета толщины слоев чистого пола.

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве перекрытий
с плавающими полами, а также полами других типов

Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей перегородке С-1.1



Примыкание звукоизолирующего пола к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



13 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Расчет изоляции воздушного шума однослойным ограждением

13.1 Величина звукоизоляции R зависит от частоты звука; изображение этой зависимости в графическом виде или представление ее в табличном виде называется частотной характеристикой звукоизоляции ограждения. Человек с нормальным слухом слышит звук с частотами от 20 до 20 000 Гц. Однако большинство наиболее часто встречающихся звуковых сигналов имеют значительно более узкий диапазон частот, и как показала строительная практика, для целей звукоизоляции (т.е. защиты человека от нежелательных шумов) вполне достаточно ограничиться диапазоном частот от 100 до 3150 Гц. Такой диапазон частот является нормативным для звукоизоляции.

13.2 В этом диапазоне в частотной характеристике однослойного ограждения можно выделить четыре характерные области:

13.3 Область низких частот (менее 100–250 Гц). В этой области наблюдаются резонансные явления, зависящие от жесткости ограждения, его массы и коэффициента внутреннего трения материала ограждения.

Если рассматривать ограждение в виде сплошной плиты размерами $A \times B$, м, и толщиной h, м, шарнирно опирающейся всеми четырьмя сторонами, то частоты ее собственных колебаний $F_{n,m}$, Гц, могут быть найдены по формуле:

$$F_{n,m} = 0{,}45\, c_{огр}\, h \left[(n/A)^2 + (m/B)^2 \right], \qquad (13.1)$$

где n и m – любые целые числа.

Интерес представляют лишь несколько первых резонансных частот, которые составляют несколько десятков Гц, причем первая собственная частота колебаний ограждения обычно лежит в диапазоне 15–30 Гц. В области таких частот колебания ограждения под действием падающей на него звуковой волны могут быть значительными в зависимости от внутреннего трения в материале ограждения. Однако в этом диапазоне частот человеческое ухо обладает значительно меньшей чувствительностью к звуку по сравнению со средними частотами. К тому же в этом диапазоне частот звукоизоляция трудно поддается расчету, поэтому при выборе размеров

ограждения и его параметров стараются добиться того, чтобы эти первые резонансные частоты находились за пределами нормируемого диапазона частот, т.е. ниже 100 Гц.

13.4 На частотах выше первых двух–трех собственных частот наиболее сильное влияние на звукоизоляцию оказывает масса единицы площади ограждения, так называемая поверхностная масса, кг/м^2. Жесткость ограждения при этом играет весьма незначительную роль и может не учитываться. При этом звукоизоляция ограждения описывается формулой, называемой законом массы:

$$R = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{\omega m_{огр}}{2 \rho c} \right) \right]^2 - 5 = 20 \lg m_{огр} f - 47{,}5 \ \text{, дБ,} \qquad (13.2)$$

где ω –круговая частота, Гц,

f – частота звука, Гц,

$m_{огр}$ – поверхностная плотность ограждения, кг/м^2,

ρ – плотность воздуха, кг/м^3,

c – скорость звука в воздухе, м/с.

Отсюда видно, что в диапазоне частот, для которого справедлив закон массы, звукоизоляция зависит только от поверхностной плотности ограждения и от частоты. При каждом удвоении одного из этих параметров звукоизоляция увеличивается на 6 дБ. Поэтому для повышения звукоизоляции однослойного ограждения целесообразно увеличивать его массу, однако при этом надо учитывать прочность и устойчивость здания.

13.5 Начиная с некоторой частоты закон массы выполняется все хуже, амплитуды колебаний ограждения увеличиваются и, наконец, становятся такими большими, что звукоизоляция значительно снижается. Это явление объясняется следующим:

В помещении с источником шума на ограждение падает не только прямая звуковая волна, но и волны, отраженные от других поверхностей помещения, в результате чего в помещении возникает звуковое поле, близкое к диффузному, в котором различные звуковые волны падают на ограждение под разными углами в пределах от 0° до 90° (угол падения волны θ отсчитывается от нормали к ограждению).

При статистическом усреднении по всевозможным углам падения звука на ограждение звукоизоляция ограждения становится равной

$$R = 10 \lg 1/\tau = 10 \lg \left(1 \Big/ \int_0^{90^\circ} \tau_\Theta \sin 2\theta \, d\theta \right), \text{дБА.} \qquad (13.3)$$

При определенных углах падения звуковой волны на ограждение след падающей из воздуха волны $\lambda_в / \sin \theta$ оказывается равным длине изгибной волны $\lambda_и$ в ограждении. При этом распределение звукового давления вдоль ограждения начинает точно соответствовать распределению смещений ограждения при его собственных колебаниях с той же частотой, что приводит к интенсивному усилению колебаний ограждения, наступает пространственный резонанс, т.е. эффект волнового совпадения. Все это приводит к значительному уменьшению звукоизоляции.

Наименьшая частота, при которой становится возможным эффект волнового совпадения, называется граничной или критической частотой $f_{гр.}$. Она имеет место при падении звуковой волны вдоль ограждения (угол $\theta = 90^\circ$) и вычисляется по формуле:

$$f_{гр.} = \frac{c_0^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{огр}}{D}}, \text{ Гц,} \qquad (13.4)$$

где c_0 – скорость звука в воздухе, м/с,

$m_{огр}$ – поверхностная плотность ограждения, кг/м^2,

D – цилиндрическая жесткость ограждения, рассматриваемого как плоская пластина:

$$D = \frac{E h^3}{12(1 - \mu^2)}, \qquad (13.5)$$

где E – модуль Юнга, Па,

h – толщина ограждения, м,

μ – коэффициент Пуассона.

При нормальном падании звуковой волны на ограждение формула для определения граничной частоты может быть преобразована к виду:

$$f_{гр.} = \frac{60}{h} \sqrt{\frac{\rho}{E}}, \text{ Гц,} \qquad (13.6)$$

где ρ – плотность материала ограждения, кг/м^3.

Если звуковая волна падает на ограждение под углом θ, то граничная частота увеличится и составит:

$$f_{\text{гр.}} = \frac{60}{h \sin\theta} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \text{ , Гц.} \qquad (13.7)$$

Выше граничной частоты находится область, где каждой частоте соответствует свой угол падения звуковой волны, при котором возникает явление волнового совпадения.

Таким образом, на частотах выше $f > 0{,}5 f_{\text{гр}}$ закон массы перестает выполняться и здесь приобретает существенное значение цилиндрическая жесткость ограждения D и внутреннее трение в материале ограждения, характеризуемое коэффициентом потерь η. Поэтому в области частот $f_{\text{гр}} < f < 2 f_{\text{гр}}$ звукоизоляция ограждения определяется явлениями волнового совпадения и значительно понижается (на 10 –20 дБ). Область волнового совпадения занимает обычно интервал в одну–две октавы.

13.6 В случае сплошной плиты размерами $A \times B$, м, и толщиной h, м, шарнирно опирающейся всеми четырьмя сторонами, на частотах выше удвоенной граничной частоты ($f > 2 f_{\text{гр}}$) звукоизоляция может быть описана выражением:

$$R = 20 \lg [\pi f_{\text{гр}} m_{\text{огр}} / (\rho c)] + 25 \lg (f / f_{\text{гр}}) + 10 \lg \eta + 3, \text{ дБ}, \qquad (13.8)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3,

c – скорость звука в воздухе, м/с,

η – коэффициент потерь в материале ограждения.

Отсюда видно, что в данной области частот при каждом удвоении частоты звукоизоляция увеличивается на 7,5 дБ.

С увеличением толщины ограждения и, следовательно, повышения ее жесткости провал звукоизоляции вследствие эффекта волнового совпадения смещается в сторону низких частот. Этому явлению наиболее подвержены жесткие однослойные перегородки с поверхностным весом 30–100 кг/м^2. Для таких перегородок их критическая частота находится в диапазоне 300–800 Гц, т.е. в диапазоне хорошо воспринимаемых человеком звуков и поэтому звукоизоляция таких перегородок в целом низкая. Для ее повышения следовало бы повысить гибкость перегородки и тогда область волнового совпадения передвинулась бы в сторону более высоких частот. Однако заметно изменить гибкость таких ограждений практически невозможно.

Поэтому при проектировании однослойных стен следует в целях повышения звукоизоляции предусматривать толстые и тяжелые стены; стены, выполненные из плотных материалов и стены однородные по структуре и без пустот.

13.7 Для упрощения расчета изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением был разработан графоаналитический метод расчета. При этом частотную характеристику изоляции воздушного шума ограждением из железобетона, бетона различных видов, из кирпича, гипса и других строительных материалов за исключением металлических листов, стеклянных изделий можно без большой ошибки аппроксимировать ломаной линией ABCD, показанной на рисунке 13.1.

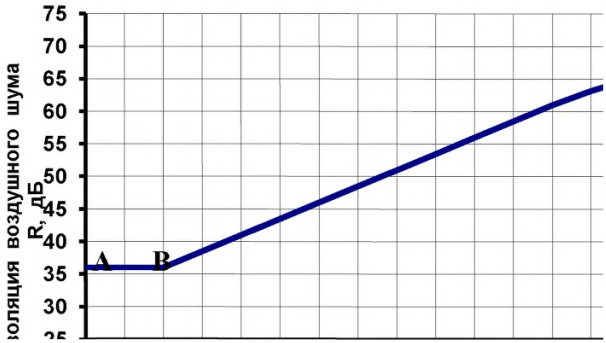


Рисунок 13.1 – Расчетная частотная характеристика однослойного плоского ограждения из различных видов бетона, кирпича и т.п.

Абсцисса точки В находится по формуле:

$$f_{\text{В}} = 29000 / h \text{ , Гц,} \qquad (13.9)$$

где h – толщина плиты перекрытия, мм.

При расчетах найденное значение $f_{\text{В}}$ округляется до ближайшего стандартного значения, соответствующего среднегеометрической частоте третьоктавных полос нормируемого частотного диапазона звукоизоляции от 100 Гц до 3150 Гц.

Ордината точки В находится из формулы (с округлением до ближайшего целого):

$$R_{\text{В}} = 20 \lg m_{\text{э пл.}} - 12, \text{ дБ,} \qquad (13.10)$$

где $m_{\text{э пл.}}$ – эквивалентная поверхностная плотность плиты перекрытия.

$$m_{\text{э пл.}} = K\, m_{\text{пл.}}, \text{ кг/м}^2, \qquad (13.11)$$

где K – коэффициент, принимаемый для сплошных ограждающих конструкций плотностью более 1800 кг/м^2 равным единице ($K = 1$),

$m_{пл.}$ – поверхностная плотность плиты перекрытия ($m_{пл.} = \gamma h$, здесь γ – объемная плотность материала плиты, кг/м^3; h – толщина плиты в метрах), кг/м^2.

13.8 При построении частотной характеристики изоляции вначале находят координаты точки В (f_B и R_B) по формулам (13.9) и (13.10), затем влево от точки В проводят горизонтальный отрезок АВ, а вправо проводят луч с наклоном 7,5 дБ на октаву до точки С, ордината которой равна 65 дБ. Далее от точки С проводят вправо горизонтальный отрезок CD. Для некоторых ограждений точка С и отрезок CD оказываются вне пределов нормируемого диапазона частот 100–3150 Гц, и тогда они не учитываются.

13.9 Частотная характеристика изоляции воздушного шума плоскими ограждениями из металла, стекла, оргстекла и им подобных материалов строится в виде ломаной ABCD (рисунок 13.2). Координаты точек В и С определяют по таблице 13.1, при этом координата f_B (абсцисса точки В) округляется до ближайшей третьоктавной частоты, а координата f_C (абсцисса точки С) принимается равной $f_C = 2f_B$. Точки В и С соединяют отрезком прямой. Затем влево от точки В проводят вниз отрезок ВА с наклоном 4,5 дБ на октаву, а от точки С проводят вправо вверх отрезок CD с наклоном 7,5 дБ на октаву.

Таблица 13.1 – Координаты точек В и С частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждениями из металла, стекла, сухой штукатурки и подобных материалов

Материал конструкции	**Плотность, кг/м^3**	f_B,**Гц**	f_C,**Гц**	R_B,**дБ**	R_C,**дБ**
1	2	3	4	5	6
Сталь	7800	6000/h	12000/ h	40	32
Алюминиевые сплавы	2500–2700	6000/ h	12000/ h	32	32
Стекло силикатное	2500	6000/ h	12000/ h	35	29
Стекло органическое	1200	17000/ h	34000/ h	37	30
Гипсокартонные листы	1100 850	19000/ h 19000/ h	38000/ h 38000/ h	36 34	30 28
Гипсоволокнистые листы	1100–1200	19000/ h	38000/ h	37	31
Древесно-стружечная плита (ДСП)	850 650	13000/ h 13500/ h	26000/ h 27000/ h	32 30,5	27 26
Твердая древесно–волокнистая плита (ДВП)	1100	19000/ h	38000/ h	35	29

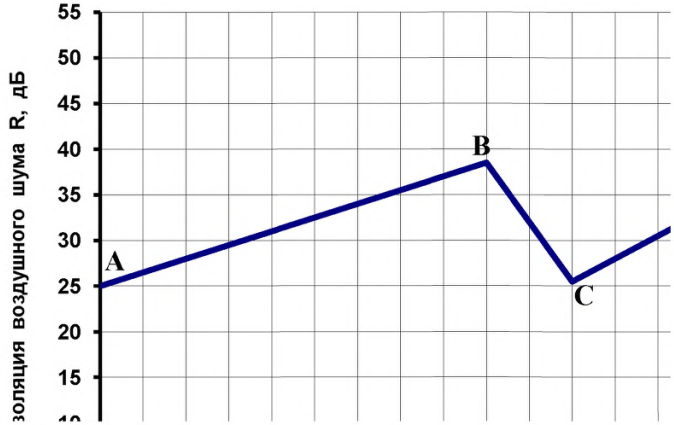


Рисунок 13.2 – Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным ограждением из металла, стекла и подобных материалов

13.10 При передаче звука через ограждения в виде цилиндрических оболочек на величину их звукоизоляции влияют не только изгибные, но и продольные волны. При этом собственные радиальные колебания оболочки имеют частоту:

$$f_{\text{рад}} = c_{\text{пр}}/(2\pi r), \qquad (13.12)$$

где $c_{\text{пр}}$ – скорость продольной волны в материале оболочки, м/с;

r – радиус оболочки, м.

При диффузном звуковом поле снаружи цилиндрической оболочки ее звукоизоляция на частотах $f < f_{\text{пр}}$ описывается формулой:

$$R = 10 \lg [\pi m_{\text{огр}} f / (\rho c)] + 5 \lg (f_{\text{рад}}/f - 1) \text{ , дБ}, \qquad (13.13)$$

где $m_{\text{огр}}$ – поверхностная масса оболочки, кг/м^2.

При расположении источника шума внутри стальной оболочки частотная характеристика звукоизоляции может быть определена графоаналитическим методом в виде ломаной ABCD (рисунок 13.3). Координаты точек B и C находят по формулам:

$$f_{\text{B}} = 1{,}6 \cdot 10^6 / 2r; \quad R_{\text{B}} = 74 - 20 \lg(2r/h); \quad f_C = 1{,}2 \cdot 10^4 / h; \quad R_C = 31, \qquad (13.14)$$

где h – толщина оболочки, мм.

От точки В проводят влево прямую с наклоном 6 дБ/октаву, а вправо от точки С с наклоном 8 дБ/октаву.

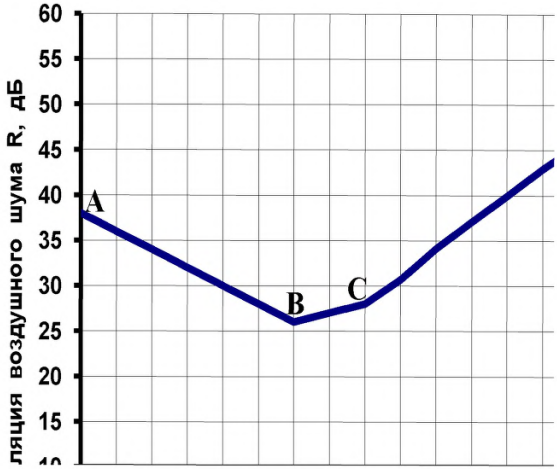


Рисунок 13.3 – Частотная характеристика звукоизоляции цилиндрической оболочкой

13.11 Спроектированные ограждающие конструкции удовлетворяют нормам по звукоизоляции, если их индекс изоляции воздушного шума не менее нормативного значения по таблице А.1 Приложения А.

13.12 При проектировании звукоизоляции следует дополнительно определять импедансы граничащих сред:

$$Z_1 = \rho_1 c_1 / \cos\theta_1 \text{ и } Z_2 = \rho_2 c_2 / \cos\theta_2, \quad (13.15)$$

где $\rho_1 c_1$ – плотность, кг/м^3, и скорость звука, м/с, для первой среды (например, воздуха);

$\rho_2 c_2$ – плотность и скорость звука для второй среды (например, для однослойного ограждения);

θ_1 – угол падения звуковых волн на ограждение,

θ_2 – угол, под которым распространяется прошедшая через ограждение звуковая волна.

С учетом импедансов звукоизоляция может быть записана в виде

$$R = 20\lg\left(\sqrt{Z_1/Z_2} + \sqrt{Z_2/Z_1}\right) - 6, \text{ дБ}. \qquad (13.16)$$

Отсюда следует, что при равенстве импедансов Z_1 и Z_2 звукоизоляция равна нулю. При этом плотности двух сред и скорости звука в них не обязательно должны быть равны, главное, чтобы были равны их произведения, т.е. импедансы. Поэтому для увеличения звукоизоляции, надо максимально рассогласовывать импедансы сред. Для этого при проектировании многослойной конструкции надо проверять импедансы всех соседних слоев, чтобы не получилось равенства (хотя бы приближенного) этих импедансов. Принцип рассогласования импедансов применим к любым ограждениям, средам и типам звуковых волн.

Из формулы (13.16) также следует, что при перемене направления распространения звуковых волн величина звукоизоляции не меняется.

13.13 Основная передача шума из одного помещения в другое происходит через стены (перегородки) и перекрытия, разделяющие эти помещения.

Кроме того, дополнительное влияние на шумовой режим в помещении может оказывать шум от бытовой техники, от инженерно–технического оборудования здания, который может передаваться из соседних помещений через коммуникации (трубы отопления, водопроводные, канализационные трубы, воздуховоды и др.), проходящие через помещения, а также в виде структурного шума, распространяющегося по стенам и перекрытиям через узлы их примыкания друг к другу. Значительное влияние на фактическую звукоизоляцию внутренних ограждений оказывают различные отверстия, трещины, тщательность заделки мест прохода коммуникаций через ограждения.

Все это снижает фактическую звукоизоляцию по сравнению с расчетной. В общем случае это снижение, как показывает многочисленная практика, может составлять при условии соблюдения норм монтажа до 2 дБ по сравнению с лабораторными или расчетными значениями. При грубых нарушениях технологии строительства ухудшение фактической звукоизоляции может достигать бóльших величин. Поэтому целесообразно выбирать при проектировании конструкции, имеющие несколько бóльший индекс изоляции, чем это требуется по нормам. Поскольку для увеличения индекса звукоизоляции требуется применение более массивной одинарной конструкции из бетона или кирпича, то целесообразнее применять двойные зву-

коизолирующие конструкции, которые при том же индексе звукоизоляции имеют меньшую суммарную массу. Целесообразно также применять слоистые конструкции, которые при меньшем весе могут обеспечить достаточно высокую звукоизоляцию.

13.14 При ориентировочных расчетах индекс изоляции воздушного шума однослойным ограждением сплошного сечения из материалов, указанных в таблице 13.2, допускается определять по формуле:

$$R_W = 37 \lg m + 55 \lg K - 43, \text{ дБ}, \qquad (13.17)$$

а индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией из тяжелого бетона с круглыми пустотами допускается определять по формуле:

$$R_w = 23 \lg m + 13{,}3 \lg h/h_{пр.} - 8, \text{ дБ}, \qquad (13.18)$$

где m – поверхностная плотность ограждения, кг/м^2, (для ребристых конструкций без учета ребер);

h – толщина плиты ограждения, м;

$h_{пр.}$ – приведенная толщина плиты ограждения, м;

K – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетона на легких заполнителях, поризованных бетонов и т.п. конструкций по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью. Для сплошных ограждающих конструкций плотностью γ = 1800 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 13.2.

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

$$K = 1{,}5\sqrt{j/bh_{пр}^3}, \qquad (13.19)$$

где j –момент инерции сечения, м^4;

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 коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из бетона на легких заполнителях, поризованных бетонов и т.п. конструкций по отношению к конструкциям из тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью.

Таблица 13.2 – Значения коэффициента K

Вид материала	Марка	Плотность	К
Керамзитобетон	М–100	1500–1550	1,1
		1300–1450	1,2
		1200	1,3
		1100	1,4
	М 150–200	1700–1750	1,1
		1500–1650	1,2
		1350–1450	1,3
		1250	1,4
Перлитобетон	М–100	1400–1450	1,2
		1300–1350	1,3
		1100–1200	1,4
		950–1000	1,5
Аглопоритобетон	М–100	1300	1,1
		1100–1200	1,2
		950–1000	1,3
	М–150	1500–1800	1,2
Шлакопемзобетон	М–100	1600–1700	1,2
	М–150	1700–1800	1,2
Газобетон, пенобетон,газосиликат	М–70	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 т.ч. поризованный или с легкими заполнителями)	М 80–100	1300	1,15
		1200	1,25
		1000	1,35
		800	1,45

Расчет звукоизоляции плоских однослойных ограждений в дБА

13.15 Для плоских однослойных ограждений из бетона, железобетона, шлакобетона, газопенобетона, кирпича и подобных материалов величину звукоизоляции в дБА можно ориентировочно рассчитать по формулам:

$$R_A = 22 \lg m_п - 12 \text{ , дБА,} \qquad (13.20)$$

где $m_п$ – поверхностная плотность ограждения, кг/м^2 .

Для ограждений из стали толщиной 1 – 10 мм:

$$R_A = 22 + 9 \lg h \text{ , дБА,} \qquad (13.21)$$

где h – толщина ограждения без учета ребер жесткости, мм.

Для глухого окна из силикатного стекла толщиной 2 – 10 мм:

$$R_A = 18 + 8{,}5 \lg h \text{ , дБА.} \qquad (13.22)$$

Для глухого окна из органического стекла толщиной 5 – 30 мм:

$$R_A = 12 + 12 \lg h \text{ , дБА.} \qquad (13.23)$$

13.16 Для расчета звукоизоляции одинарных стен, перегородок каркасного типа, в том числе и двойных, разработаны инженерные графоаналитические методы расчета, подробно описанные в СП 275.1325800.2016. В этом Своде правил описаны инженерные методы определения частотных характеристик изоляции воздушного шума для следующих видов одинарных стен и перегородок:

- расчет изоляции воздушного шума однослойными плоскими тяжелыми ограждениями сплошного сечения (железобетон, различные виды бетона, кирпич и т.п.);

- расчет изоляции воздушного шума однослойным плоским тонким ограждением (металл, стекло, гипсокартонный лист и т.п.);

- расчет изоляции воздушного шума ограждением из двух плоских тонких листов одинаковой толщины с воздушным промежутком между ними (двойные глухие остекления, обшивки с двух сторон гипсокартонными, гипсоволокнистыми листами, металлическими листами и т.п) по каркасу из тонкостенного металического профиля или деревянных брусков;

- расчет изоляции воздушного шума ограждением из двух плоских тонких листов разной толщины с воздушным промежутком между ними (двойные глухие остекления, обшивка с двух сторон гипсокартонными, гипсоволокнистыми, металлическими листами и т.п.) по каркасу из тонкостенного металлического профиля или деревянных брусков;

- расчет изоляции воздушного шума каркасно–обшивной перегородкой при заполнении воздушного промежутка пористым или пористо–волокнистым материалом;

- расчет изоляции воздушного шума ограждением с гибкой плитой на относе;

- расчет изоляции воздушного шума двойным ограждением со связью по контуру;

- расчет изоляции воздушного шума двойным ограждением типа «сэндвич»;

- расчет изоляции воздушного шума составными ограждениями, а также ограждениями со щелями и отверстиями;

- расчет изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием с полом из рулонных материалов (типа линолеум) и без звукоизоляционного упругого слоя.

13.17 Одним из способов повышения звукоизоляции тонкой ограждающей конструкции является применение легкого звукопоглощающего материала, покрывающего конструкцию ровным слоем толщиной s = 20 –100 мм и приклеенного к ней. Звукоизоляция такой конструкции определяется по формуле:

$$R = R_{\text{огр.}} + \Delta R \text{ , дБ,}$$

где $R_{\text{огр.}}$ – изоляция воздушного шума основной конструкцией, дБ,

ΔR – дополнительная звукоизоляция за счет применения звукопоглощающего материала, дБ.

Величина дополнительной звукоизоляции определяется по формулам:

$\Delta R = 8{,}7 \lg s\beta$ при $s\beta > 1$,

$\Delta R = 0$ при $s\beta \leq 1$,

где β – коэффициент затухания для звукопоглощающего материала.

Октавные частотные характеристики коэффициента затухания приведены в таблице 13.3 .

Таблица 13.3 – Коэффициенты затухания β

Звукопоглощающий материал	**Коэффициенты затухания β в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц**							
	63	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
Теплозвукоизоляционный материал АТМ–1	0,014	0,020	0,035	0,080	0,142	0,198	0,220	0,220
Пропласт полиуретановый эластичный самозатухающий	0,026	0,074	0,122	0,190	0,300	0,370	0,420	0,500
Теплозвукоизоляционный материал марки ВТ–4	0,016	0,041	0,066	0,082	0,091	0,120	0,130	0,130
Теплозвукоизоляционный материал марки ВТ–4С	0,014	0,033	0,053	0,062	0,081	0,140	0,170	0,170
Теплозвукоизоляционный материал марки АТИМСС	0,012	0,028	0,044	0,058	0,082	0,190	0,200	0,200
Плиты из штапельного стекловолокна	0,014	0,038	0,061	0,083	0,105	0,132	0,156	0,176
Плиты полужесткие минераловатные на фенольном связующем	0,018	0,061	0,104	0,150	0,180	0,320	0,450	0,470

Ограждения с гибкой плитой на относе

13.18 Повысить звукоизоляцию однослойной плоской стены или перегородки можно с помощью устройства так называемой «гибкой плиты на относе». На некотором расстоянии от основной стены (перегородки) устанавливают параллельно ей тонкую плиту, например, из гипсокартона, древесноволокнистой плиты или т.п. Гибкая плита должна располагаться со стороны помещения, защищаемого от шума. Основная стена (перегородка) имеет, как и все однослойные ограждения, критическую частоту $f_{гр}$. При частотах $f < f_{гр.}$ длина волны изгиба в ограждении меньше длины звуковой волны в воздухе, при этом ограждение плохо излучает звук, коэффициент излучения $s << 1$. Это означает, что значительная часть звуковой энергии не уносится звуковой волной, а остается сконцентрированной в небольшом объеме воздуха, прилегающего к ограждению. Этот объем воздуха представляет собой соколеблющуюся массу.

13.19 При частотах $f > f_{гр.}$ коэффициент излучения s значительно увеличивается, а это означает, что значительная доля звуковой энергии, падающей на ограждение в помещении с источником шума, проходит в изолируемое помещение, поэтому звукоизоляция ограждения уменьшается. Если на пути звуковых волн в изолируемом помещении поместить на некотором расстоянии от стены (перегородки) тонкую гибкую плиту, имеющую высокую граничную частоту, значительно большую, чем граничная частота основной стены (перегородки) $f_{гр.пл.} >> f_{гр.ст.}$, то на частотах ниже $f_{гр.\ пл.}$ звукоизоляция возрастет. Для ощутимого повышения звукоизоляции граничная частота гибкой плиты должна быть не ниже 1600 Гц. В целом звукоизоляция стены (перегородки) с гибкой плитой на относе может увеличить общую звукоизоляцию на 7 – 10 дБ.

13.20 Часть звуковой энергии передается от основной стены к обшивке через места крепления обшивки к основной стене, причем крепление может быть точечным (по маякам) или линейным (через рейки). Другая часть звуковой энергии передается в гибкую плиту через воздушную прослойку между гибкой плитой и основной стеной. Поэтому целесообразно, чтобы гибкая плита не была слишком легкой, а относ слишком маленьким. Ориентировочно поверхностная масса гибкой плиты $m_{пл.}$, кг/м^2, и величина относа a, м, должны удовлетворять соотношению

$$m_{\text{пл.}} a \geq 0{,}5 \text{ кг/м}. \qquad (13.24)$$

13.21 Более точно дополнительная изоляция воздушного шума ΔR стеной (перегородкой) при устройстве гибкой плиты на относе в диапазоне частот выше частоты f_0 собственных колебаний гибкой плиты на упругом основании – воздушном промежутке между стеной и гибкой плитой может быть рассчитана по формуле

$$\Delta R = -10 \lg [(f_0/f)^4 + s_{\text{пл.}} n] \quad \text{дБА}, \qquad (13.25)$$

где $f_0 = 0{,}5\pi \sqrt{k / m_{\text{пл.}}}$, Гц,

$k = 0{,}14/d$ – жесткость воздушного промежутка, МПа/м,

d – толщина воздушного промежутка между стеной и гибкой плитой, мм,

$m_{\text{пл.}}$ – поверхностная масса гибкой плиты, кг/м^2,

$s_{\text{пл.}}$ – коэффициент излучения плиты,

n – число связей, соединяющих гибкую плиту с основной стеной.

Коэффициент излучения гибкой плиты зависит от способа связи гибкой плиты с основной стеной:

– при связи по линии коэффициент излучения является линейным и равен

$$s_{\text{лин.}} = (2/\pi) [c/(f_{\text{гр.пл.}}/b)], \qquad (13.26)$$

где $f_{\text{гр.пл.}}$ – граничная частота гибкой плиты, Гц,

b – размер стены в направлении, перпендикулярном линии связи, м;

– при связи гибкой плиты с основной стеной в точке коэффициент излучения является точечным и равен

$$s = (8\pi^3) [c^2/(f^2_{\text{гр.пл.}} S], \qquad (13.27)$$

где S – площадь основной стены, м^2.

При частотах $f > 3f_0$ дополнительная звукоизоляция ΔR равна $\Delta R = -10 \lg s \cdot n$ и не зависит от частоты.

При точечных связях гибкой плиты с основной стеной дополнительная звукоизоляция больше, чем при линейных связях.

При установке гибких тонких плит с двух сторон основной стены дополнительная звукоизоляция составляет 2 ΔR, дБ.

Звукоизоляция $R_{\text{общ.}}$ стены с дверью или окном рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{общ.}} = R_{\text{ст.}} - 10 \lg \left\{1 + \left[S_{\text{дв./ок.}} / (S_{\text{ст.}} + S_{\text{дв./ок.}})\right]\left(10^{0{,}1(R_{\text{ст.}} - R_{\text{дв./ок.}})} - 1\right)\right\}, \text{ дБ}, \qquad (13.28)$$

где $R_{\text{ст.}}$ – звукоизоляция глухой части стены, дБ,

$R_{дв./ок.}$ – звукоизоляция двери или окна, дБ,

$S_{ст.}$ – площадь глухой части стены, м^2,

$S_{дв./ок.}$ – площадь двери или окна, м^2.

13.22 Эта формула применима, если известны звукоизоляция глухой части стены и звукоизоляция двери или окна. Однако нередко встречается обратная задача – необходимо измерить звукоизоляцию двери или окна. Такие измерения проводят в лабораторных условиях, где имеются две смежные по горизонтали камеры, которые отделены друг от друга капитальной стеной очень высокой звукоизоляции. В капитальной стене имеется измерительный проем площадью не менее 10 м^2. В этот проем должна быть установлена дверь или окно, звукоизоляцию которых необходимо измерить. Но площадь двери или окна значительно меньше площади проема, поэтому недостающую часть проема необходимо заполнить конструкций, звукоизоляция которой значительно (на 10 дБ и более) выше звукоизоляции двери или окна. Тогда поступают так. Проем полностью заполняют вспомогательной конструкцией высокой звукоизоляции, измеряют изоляцию $R_{ст.}$ воздушного шума такой конструкцией. Затем в этой конструкции прорезают проем по размеру двери или окна, вставляют в него дверь или окно, проводят герметизацию всех щелей и измеряют изоляцию воздушного шума $R_{общ.}$ таким составным ограждением. На основании полученных величин $R_{ст.}$ и $R_{общ.}$ рассчитывают звукоизоляцию двери или окна по формуле:

$$R_{дв.} = R_{ст.} - 10\lg\left\{1+\left[(S_{ст.} + S_{дв./ок.}) / S_{дв./ок.}\right]\left(10^{0{,}1\left(R_{ст.}-R_{общ.}\right)} - 1\right)\right\}, \text{ дБ.} \qquad (13.29)$$

13.23 На практике нередко встречаются случаи, когда в стене установлены окно и дверь (например, балконная дверь). Если известны площади и звукоизоляция всех этих трех элементов, то общую звукоизоляцию такого ограждения находят с помощью последовательных расчетов. Вначале рассматривают только окно и дверь, подставляя в формулу (13.28) их звукоизоляцию и их площади, и находят их общую звукоизоляцию $R_{общ. дв./ок.}$, дБ,. Затем рассматривают два других элемента составной конструкции – глухую часть стены, имеющую звукоизоляцию $R_{ст.}$, площадь $S_{ст.}$, и составную часть из двери и окна со звукоизоляцией $R_{общ. дв./ок.}$ и площадью ($S_{дв.} + S_{ок.}$). И таким образом находят общую звукоизоляцию стены с дверью и окном.

Можно вначале рассмотреть звукоизоляцию стены и двери или звукоизоляцию стены и окна. Порядок попарного рассмотрения элементов конструкции не имеет значения, в конечном итоге будет получен один и тот же результат.

Двойные стены

13.24 Двойные ограждения относятся к акустически неоднородным конструкциям. Отдельные слои неоднородной конструкции колеблются независимо друг от друга, совершая продольные и изгибные колебания, значительно различающиеся по амплитуде и фазе, что способствует повышению общей звукоизолирующей способности двойных стен по сравнению с одинарными стенами.

Двойные ограждения представляют собой плоские плиты, расположенные на расстоянии d друг от друга. Между плитами находится воздух или упругомягкий материал в зависимости от конструкции ограждения.

Если длина продольных волн в промежуточном слое между плитами больше шестикратной толщины ограждения, то волновыми процессами в слое можно пренебречь и представить его в виде системы поперечных упругих связей, распределенных по поверхности плит. Тогда на частотах ниже граничных частот этих плит двойное ограждение можно рассматривать как колебательную систему – масса первой плиты + жесткость поперечных упругих связей + масса второй плиты. Частота собственных колебаний этой системы равна:

$$f_{рез.} = [1/(2\pi)]\sqrt{K/m_1 + K/m_2}\ , \text{Гц}, \qquad (13.30)$$

где m_1 и m_2 – поверхностная плотность первой и второй плит, кг/м^2,

$K=E/d$ –коэффициент жесткости связей,

E – динамический модуль упругости промежуточного слоя между плитами,

d – толщина упругого слоя, м.

13.25 При частотах, близких к частоте $f_{рез.}$ наблюдается наибольшее прохождение звука через двойное ограждение. Поэтому двойное ограждение надо проектировать так, чтобы резонансная частота находилась за нижним пределом нормируемого диапазона частот, т.е. ниже 100 Гц. Для этого следует применять более тяжелые плиты, составляющие это ограждение; увеличивать расстояние между ними; применять в качестве изоляционного материала между плитами, по возможности, менее жесткий материал.

Из этого условия следует, что наименьшее допустимое расстояние между плитами должно составлять

$$d_{мин.} = 0{,}9\sqrt{1/m_1 + 1/m_2}\ \text{, м.} \qquad (13.31)$$

На частотах $2f_{рез.} < f < 0{,}5f_{гр.1,2}$ звукоизоляция двойного ограждения равна

$$R = R_2 + \Delta R = R_0 + \Delta R_0\,, \qquad (13.32)$$

где R_2 и R_0 – звукоизоляция второй плиты и звукоизоляция ограждения с суммарной массой $m_{общ.} = m_1 + m_2$, дБ,

$\Delta R = 40 \lg (f/f_0)$, дБ,

$\Delta R_0 = 40 \lg (f/f_{рез.})$, дБ,

$f_0 = [1/(2\pi)]\sqrt{K/m_1}$, Гц, – частота собственных колебаний массы m_1 на упругом основании жесткостью K.

Так как частота $f_{рез.}$ имеет наименьшее значение при $m_1 = m_2$, то это означает, что ограждение, состоящее из двух плит одинаковой массы, на частотах ниже граничной частоты будет иметь наибольшую звукоизолирующую способность по сравнению с другими двойными ограждениями той же поверхностной массы.

При частотах $f > 2f_{гр.1\ или\ 2}$ звукоизоляция двойным ограждением равна:

$$R = R_2 + \Delta R, \qquad (13.33)$$

где R_2 – звукоизоляция плиты с бóльшей цилиндрической жесткостью ($D_2 > D_1$)

$\Delta R = 40 \lg (f/f_1) - 20 \lg [1/(1-\lambda\beta)]$,

$f_1 = [1/(2\pi)]\sqrt{K/m_1}$; $\lambda = m_2/m_1$; $\beta = D_1/D_2$;

Если $m_1 = m_2$, $D_1 = D_2$, то для частот выше граничной:

$$\Delta R = 40 \lg (f/f_0) + 20 \lg \eta + 3, \qquad (13.34)$$

где η – коэффициент потерь в материале плиты.

В области частот $f > f_{гр.1}$ для повышения звукоизоляции двойного ограждения, плиты которого изготовлены из одного и того же материала, плиты должны иметь разную толщину, оптимально, чтобы $h_2 = (2 \div 4)h_1$.

Наибольший звукоизоляционный эффект достигается, если $m_1 = m_2$, $D_1/D_2 = 6 \div 7$. Такие двойные стены следует изготовлять из материалов разной плотности, что позволяет при разных толщинах получать одинаковую поверхностную плотность, но разные граничные частоты. Поэтому эффект волнового совпадения возникает либо в одной плите, либо в другой, но не в обеих плитах одновременно, что способ-

ствует дополнительному повышению звукоизоляции, которое может составлять до 10 дБ.

13.26 Если длина продольной волны $\lambda_{прод.}$ в поперечных связях меньше $6d$, то поперечные связи можно представлять в виде упругого слоя. В этом случае для области частот ниже граничной дополнительная звукоизоляция двойным ограждением по сравнению с одинарным ограждением с поверхностной массой $m_п$ равна:

$$\Delta R_1 = 20 \lg (\lambda_1 k_1) \operatorname{ch} (0{,}5\eta_c k_1) \cos k_1 \sqrt{tg^2 k_1 + th^2\, 0{,}5\eta_c k_1}\ , \text{дБ}, \qquad (13.35)$$

где $\lambda_1 = m_п/(\rho_c d)$;

ρ_c – плотность упругого слоя;

d – толщина упругого слоя;

η_c – коэффициент потерь в материале упругого слоя;

$k_1 = \omega d/c_1$ – волновое число.

Если усреднить ΔR_1 в частотном диапазоне, то получится следующая формула

$$\Delta R_1 = 20 \lg [m_п \omega/(\rho_c c_1)] - 3 = 20 \lg (f/f_0) + 10 \lg [m_п / (\rho_c d)] - 3\ , \text{дБ}. \qquad (13.36)$$

13.27 На низких частотах $f < c_1/(6d)$ дополнительная звукоизоляция возрастает на 12 дБ на октаву, а на более высоких частотах только на 6 дБ на октаву. Причиной этого являются резонансные явления в упругом слое.

На частотах выше граничной частоты $f_{гр.}$ и выше частоты $f_0\sqrt{m_п/(\rho_c d)}$ дополнительная звукоизоляция увеличивается также на 6 дБ при удвоении частоты.

Вышеприведенные рассуждения относятся к двойному ограждению в промежутке между плитами которого находится упругомягкий материал. Если же никакого материала в промежутке между плитами нет, а только воздух, то дополнительная звукоизоляция на частотах $f < c_1/(6d)$ при удвоении частоты увеличивается только на 6 дБ, а при удвоении толщины воздушного промежутка между плитами только на 4 дБ. На частотах $f > c_1/(6d)$ звукоизоляция не зависит от толщины воздушного промежутка.

При выводе всех вышеприведенных формул предполагалось отсутствие жесткой связи между плитами двойного ограждения. При наличии такой связи через примыкающие конструкции важное значение приобретает распространение колеба-

ний от одной плиты к другой по этим жестким связям, которые приводят к уменьшению звукоизоляции ограждения.

Расчет звукоизоляции многослойных ограждений в дБА

13.27 Для многослойных ограждений величину звукоизоляции в дБА можно ориентировочно рассчитать по следующим формулам:

– Для ограждения, состоящего из двух одинаковых плоских параллельно расположенных плит с воздушным промежутком между ними

$$R_A = 22 \lg m_п - 3, \text{ дБА}, \qquad (13.37)$$

где $m_п$ – поверхностная плотность одной плиты ограждения из бетона, железобетона, шлакобетона, газопенобетона, кирпича и подобных материалов, кг/м^2.

– Для двойного глухого окна из стекол одинаковой толщины

$$R_{A2} = R_{A1} + \Delta R_A, \text{ дБА}, \qquad (13.38)$$

где R_{A1} – звукоизоляция одинарным глухим из силикатного или органического стекла, дБА, определяемая по формулам (13.22) и (13.23);

$\Delta R_A = 2{,}5 \lg (hd^2) - 6$ дБА, – дополнительная звукоизоляция, обеспечиваемая вторым стеклом.

13.28 Для однослойной стены с тонкими плитами (ГКЛ, ГВЛ, ДСП, сухой штукатуркой и т.п.), расположенными на относе не менее 40 мм от стены и связанными с ней в отдельных точках или по отдельным линиям при расстоянии между связями не менее 500 мм

$$R_A = 22 \lg m_п + \Delta R_2 - 12, \text{ дБА}. \qquad (13.39)$$

Расчет изоляции воздушного шума двойным ограждением со связью по контуру

13.29 В зданиях плиты двойных ограждений связаны между собой через примыкающие к ним конструкции. Помимо прямой передачи звука через двойное ограждение важное значение для звукоизоляции такими конструкциями имеет распространение колебаний от одной плиты ограждения к другой через связь по контуру. Поскольку в зданиях плиты двойных ограждений связаны примыкающими к ним конструкциями, сколько–нибудь значительному повышению звукоизоляции при установке второй плиты препятствует косвенная передача шума, учет которой играет решающую роль при оценке фактической звукоизоляции двойным ограждением такого типа.

13.30 Приближенный индекс изоляции воздушного шума двойным ограждением в жилых зданиях можно определять по формуле $R_w = R_{w1} + \Delta R_w$,где R_{w1} – индекс изоляции воздушного шума однослойным ограждением из кирпича, бетона и др. материалов, определяемый в соответствии с п.13.7; $\Delta R_w \approx 8$ дБ.

Расчет изоляции воздушного шума двойным ограждением типа сэндвич

13.31 Двойные ограждения типа сэндвич состоят из двух тонких плит, связанных упругим промежуточным слоем – сердцевиной. Отличительная особенность ограждений – возможность сочетания при правильном проектировании достаточной жесткости при изгибе и звукоизоляции, подчиненной закону массы в широком диапазоне частот. Этим требованиям ограждения удовлетворяют благодаря жесткости при сдвиге сердцевины и высокой граничной частоте, определяемой при $\alpha \le 0{,}8$ по формуле:

$$f_{\text{гр.с}} = f_{\text{гр.п}}\sqrt{1-\alpha^2}\,, \qquad (13.40)$$

где $f_{\text{гр.с}}$ – граничная частота, Гц, одной из плит сэндвича, определяемая по формуле $f_{\text{гр}} = c_{\text{в}}^2 \Big/ (m_{\text{п}} D)$,

$c_{\text{в}}$ – скорость звука в воздухе, м/с;

$c_{\text{п}}$– скорость продольной волны в ограждении, принимаемая по таблице 14;

$\alpha = c_c \delta / (c_в \delta_c)$;

$c_c = \sqrt{G\delta_c /(2m_{\text{п}})}$ – скорость распространения сдвиговой волны, м/с, в сердцевине, нагруженной массой $m_{\text{п}}$;

$m_{\text{п}}$ – масса, численно равная половине поверхностной плотности «сэндвича», кг/м^2;

G – динамический модуль упругости материала сердцевины при сдвиге, Па;

δ_c – толщина сердцевины, м;

$\delta = \delta_1 + h$ – расстояние между срединными плоскостями плит толщиной h, м.

13.32 При проектировании значение граничной частоты сэндвича задают возможно наибольшим с тем, чтобы область действия закона массы перекрывала требуемый для изоляции шума диапазон частот (например, при использовании таких конструкций в жилых и общественных зданиях желательно, чтобы $f_{\text{гр.с}} \ge$ 6500 Гц). Для этого следует снижать жесткость сердцевины при сдвиге, что приводит к

уменьшению параметра α. Целесообразно задавать $\alpha^2 \geq 0{,}1$, поскольку при меньших значениях граничная частота $f_{\text{гр.с}}$ практически не меняется.

Таблица 13.4 – Расчетные значения скоростей продольных волн и коэффициентов потерь в строительных материалах

Материал	Плотность, кг/м^2	Скорость продольной волны $c_{\text{п}}$, м/с	Коэффициент потерь η
Алюминий	2,7	5200	10^{-3}
Сталь	7,8	5500	10^{-3}
Стекло силикатное	2,6	5400	10^{-3}
Стекло органическое	1,2	2800	–
Бетон легкий	0,6 – 1,3	1700	$2\cdot10^{-2}$
Гипсобетон	1,3	4000	–
Кирпичная кладка	1,6 – 1,8	2500	10^{-2}
Фанера	0,6 – 0,7	2700	$3\cdot10^{-2}$
Древесно–стружечная плита	0,6 – 0,7	1700	$8\cdot10^{-2}$

13.33 При выборе длины сэндвича следует учитывать возможность недопустимой деформативности конструкции. Чтобы этого не произошло, должно выполняться условие: $\omega_c / l \leq 1/200$,

где ω_c – статический прогиб середины конструкции под действием собственного веса, м;

l – длина пролета конструкции сэндвича, м.

Толщина сердцевины сэндвича определяется из условия

$$\delta_c^2 \geq Pl^2 \left\{E'h\left[0{,}192 - 4{,}8\beta gl(\alpha c_B^{\,2})\right]^{-1}\right\}, \qquad (13.41)$$

где $P = 2m_{\text{п}}\, gl$ – вес конструкции сэндвича шириной 1 м, Н/м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$\beta = G/G_c$; G и G_c – соответственно динамический и статический модули упругости материала сердцевины при сдвиге, Па;

$E' = E(1-\mu^2)$; E и μ – соответственно модуль Юнга, Па, и коэффициент Пуассона плиты сэндвича толщиной h, м.

13.34 Подбор оптимальных параметров конструкции сэндвича выполняют в следующем порядке: задают $\alpha^2 = 0{,}1$; находят для этого значения α по формуле (13.40) граничную частоту плит $f_{\text{гр.п}} \approx 6850$ Гц и далее по формуле $f_{гр.} = c_в^2 /(1{,}8 c_п h)$, в зависимости от выбранного материала плит, находят их толщину. Из условия (13.41) определяют толщину сердцевины, а из уравнения $\alpha^2 = G\delta_c gl(Pc_{\text{в}}^2)^{-1} = 0{,}1$ – требуемое

значение динамического модуля упругости G материала при сдвиге. Кроме того, необходимо, чтобы в нормируемом диапазоне частот отсутствовала собственная частота симметричных колебаний плит сэндвича, т.е. чтобы выполнялось условие

$$f_c = 1/2\pi\left[G/\left(\delta_c m_п\right)\right]^{1/2} > 3200\,\text{Гц}. \qquad (13.42)$$

В таблице 15 приведена изоляция воздушного шума некоторыми легкими ограждениями типа сэндвич.

Таблица 13.5 – Изоляция воздушного шума легкими ограждениями типа сэндвич

Наружные плиты	**Сердцевина**	**Общая толщина конструкции, мм**	**Поверхностная плотность, кг/м^2**	**R_w, дБ**
1	2	3	4	5
Древесностружечные плиты 2х4	Сотопласт	16	11	22
Древесностружечные плиты 2х4	Сотопласт	37	11	17
Алюминиевые плиты 2х1,5	Сотопласт	38	12	15
Алюминиевые плиты 2х0,6	Сотопласт	62	6	12
Гипсовые плиты 2х8	Сотопласт	50	21	32
Твердые ДВП 2х4	Пенополистирол плотностью 25 кг/м^3	30	11	27
Стальные листы 2х1	Пенополистирол плотностью 25 кг/м^3	60	22	27
Гипсовые плиты 2х10	Пенополистирол плотностью 25 кг/м^3	60	25	22
Алюминиевые листы 2х0,8	Жесткий пенополиуретан плотностью 50 кг/м^3	48	6	20

Рекомендации по повышению звукоизоляции стен и перегородок

13.35 При проектировании однослойных ограждений необходимо учитывать следующее:

- на основании строительной практики установлено, что однослойные ограждения из дерева и материалов на основе древесины при возрастании поверхностной плотности с 4 до 20 кг/м^2 практически не дают увеличения звукоизоляции;

- также не обеспечивают увеличение звукоизоляции стены из бетона, из кирпичной кладки, из гипса при увеличении их поверхностной массы с 6 до 40 кг/м^2. Это связано с явлением волнового совпадения.

Однако стены из бетона, кирпича, гипса, начиная с поверхностной плотности $m \geq 50$ кг/м^2, дают постоянный прирост звукоизоляции по мере увеличения их поверхностной плотности.

Аналогичный эффект повышения звукоизоляции с увеличением поверхностной плотности наблюдается для деревянных однослойных ограждений, начиная с 20 кг/м^2.

13.36 Экспериментально установлено, что для обеспечения нормативной изоляции воздушного шума с индексом $R_W = 52$ дБ (межквартирные стены), поверхностная плотность стены должна составлять $m = 500$ кг/м^2. Для обеспечения такой поверхностной плотности необходима следующая толщина d однослойных стен из разных материалов:

– тяжелый бетон с объемной плотностью $\gamma = 2500$ кг/м^3 : $d = 500/2500 = 20$ см;

– кладка из силикатного кирпича: $\gamma = 1800$ кг/м^3, $d = 500/1800 = 28$ см;

– кирпичная кладка: $\gamma = 1400$ кг/м^3, $d = 500/1400 = 36$ см;

– кладка из легкого многопустотного кирпича: $\gamma = 820$ кг/м^3 , $d = 500/820 = 61$ см;

– кладка из облегченного бетона: $\gamma = 1000$ кг/м^3, $d = 500/1000 = 50$ см;

– кладка из газобетонных блоков: $\gamma = 400$ кг/м^3, $d = 500/400 = 1{,}25$ м.

Этот пример показывает, что для обеспечения звукоизоляции с индексом $R_w = 52$ дБ требуются тяжелые стены достаточно большой толщины. Но такие стены не выгодны по статической нагрузке, повышенной материалоемкости, они отбирают часть полезной площади и удорожают стоимость строительства. При требуемых более высоких индексах изоляции толщина однослойных стен будет еще больше. Поэтому однослойные ограждения имеют ряд ограничений для практического применения. Выходом из этой ситуации является применение двойных и многослойных стен.

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

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

Возникающие в процессе строительства щели и трещины после их расчистки должны устраняться конструктивными мерами и заделкой невысыхающими герметиками и другими материалами на всю глубину.

13.38 Для увеличения звукоизоляции следует по возможности увеличивать массу ограждения.

Если перегородка выполняется по каркасной гипсокартонной технологии, то самый простой и дешевый способ увеличить массу перегородки и повысить ее звукоизоляцию – это увеличить число слоев гипсокартона.

Для увеличения звукоизоляции двойных стен следует увеличивать толщину промежутка между плитами двойной стены; заполнять этот промежуток не менее чем на половину его толщины звукопоглощающим материалом; устранять жесткую связь между элементами двойной стены и между ними и всеми примыкающими конструкциями.

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

13.40 Для увеличения изоляции воздушного шума стеной или перегородкой, выполненной из железобетона, бетона, кирпича и т.п., рекомендуется использовать дополнительную обшивку на относе.

В качестве материала обшивки могут использоваться: гипсокартонные листы, твердые древесно–волокнистые плиты и подобные листовые материалы, прикрепленные к стене с помощью стоек, с помощью линейных или точечных маяков

из гипсового раствора. Воздушный промежуток между стеной и обшивкой целесообразно выполнять толщиной 40–50 мм и заполнять мягким звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолокнистыми плитами, матами и т.п.).

Крепление обшивки к стене должно производиться через прокладки из пористой резины, пенополиуретана, мягких древесно–волокнистых плит и т.п.

13.41 Внутренние стены в зданиях, разделяющие жилые помещения и помещения общественного назначения с шумными источниками звука следует проектировать двойными с полным разобщением их элементов и примыкающих конструкций.

13.42 Двойные стены предпочтительнее однослойных конструкций. Это касается и ограждений из массивных материалов, и каркасных конструкций. Акустическая развязка или устранение жестких связей между слоями в двухслойных перегородках значительно снижает передачу шума и вибраций с одной стороны двойной стены на другую, что способствует повышению звукоизоляции.

13.43 Тем не менее даже если обе стороны перегородки механически развязаны, существует упругая связь через воздушный промежуток. Возникает колебательная система «масса–пружина–масса» со своей резонансной частотой, на которой наблюдается снижение звукоизоляции ограждения. Влияние этого нежелательного явления можно значительно снизить путем заполнения воздушного промежутка минеральной ватой, или стекловокном. Это приводит к снижению резонансной частоты системы и увеличению звукоизоляции в области низких частот. Воздушный промежуток в целях экономии может быть заполнен минватой не на всю толщину.

13.44 Звукоизоляция увеличивается, если применять облицовки из материалов с различной жесткостью. Применение слоя вязкоэластичного материала между листами ГКЛ, например тексаунда, позволяет демпфировать нежелательные резонансы, снижающие звукоизоляцию перегородки на средних и высоких частотах.

13.45 Каркасные перегородки, облицованные массивными, но гибкими листовыми материалами, имеют более высокую звукоизоляцию. Поэтому применение в облицовках гипсокартонных листов с увеличенной плотностью и меньшей жесткостью (ГВЛ, Knauf Piano, Diamant, Silentboard) предпочтительнее применения стандартных гипсокартонных плит аналогичной толщины.

13.46 Дополнительная звукоизоляция массивной перегородки (кирпич, бетон, пенобетон, гипсовые блоки и т.п.), выполненная с помощью гипсокартонной облицовки на относе увеличивается, если каркас облицовки закрепить к стене с помощью эластичных звукоизолирующих креплений. Применение эластичных креплений с низкой резонансной частотой приводит к высоким показателям звукоизоляции на низких частотах.

13.47 Для увеличения звукоизоляции гипсокартонных перегородок (облицовок стен) необходимо:

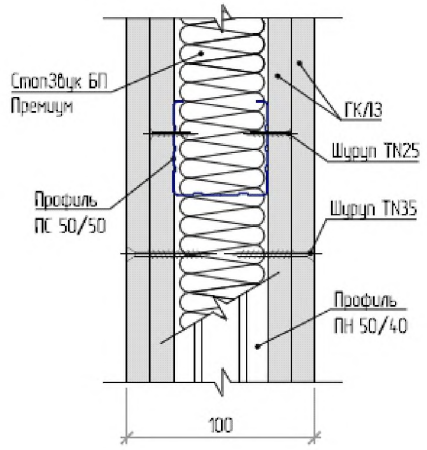
- выполнять гипсокартонные перегородки на независимых двойных каркасах;
- звукоизоляционные облицовки стен монтировать с помощью звукоизоли рующих эластичных креплений;
- увеличивать расстояние между облицовкой и стеной;
- увеличивать расстояние между стоечными профилями;
- увеличивать поверхностную массу облицовки;
- применять облицовки из массивных, но гибких листовых материалов;
- заполнять каркас минеральной ватой на всю глубину;
- применять в составе облицовок слои из вязкоэластичных материалов типа Тексаунд;
- прикреплять перегородки, облицовки стен к полу и к потолку с помощью звукоизолирующих креплений и виброподвесов, или применяя в узлах примыкания прокладки из упругомягких материалов.

Типовые технические решения звуковиброизоляции
при устройстве стен и перегородок зданий
(чертежи)

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 100 мм, тип С-1.1

Rw=54 дБ

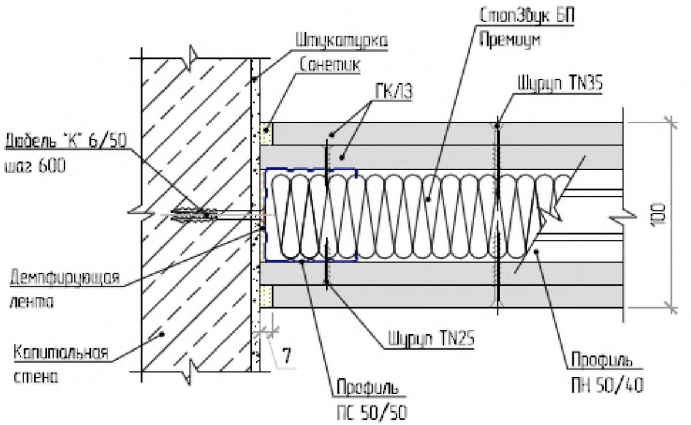
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



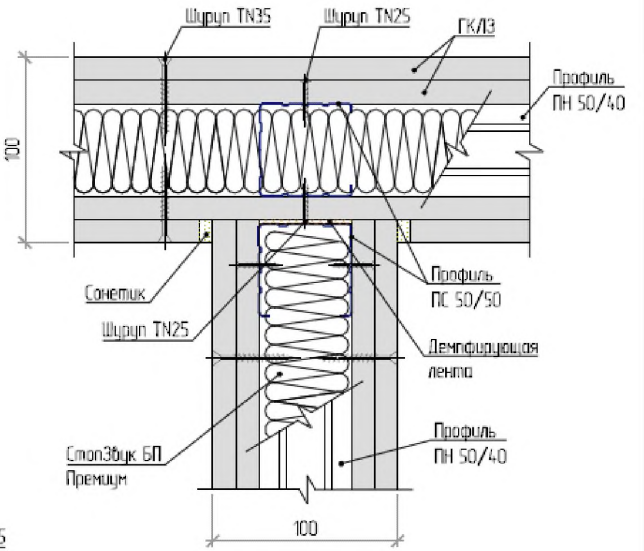
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.1	2ГКЛ3-(М50-СЗБППремиум)-2ГКЛ3	100	54

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

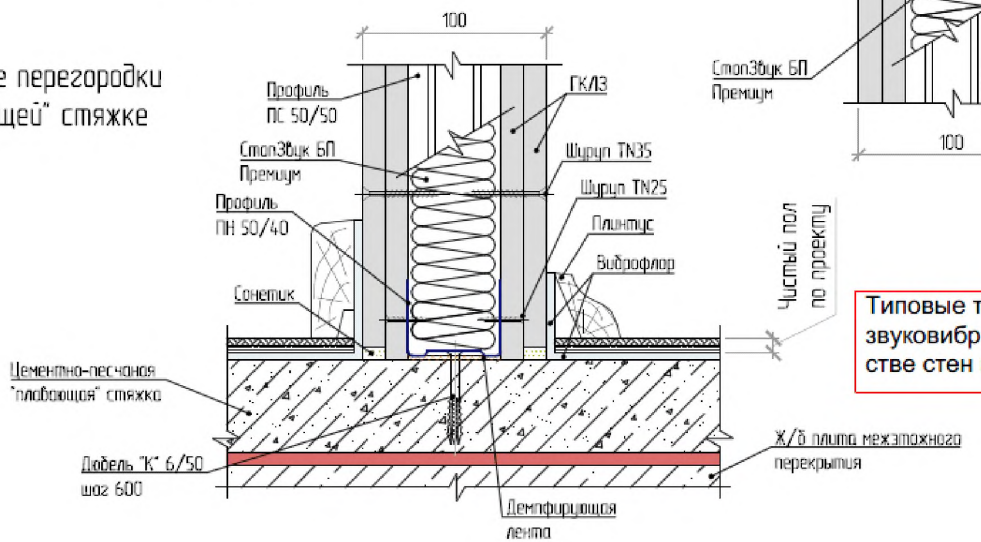
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°



Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

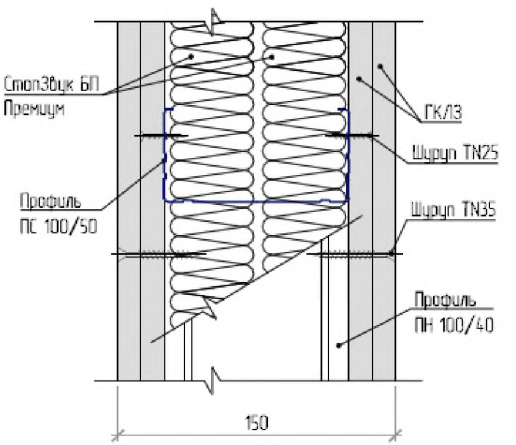


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 150 мм, тип С-1.2

Rw=58 дБ

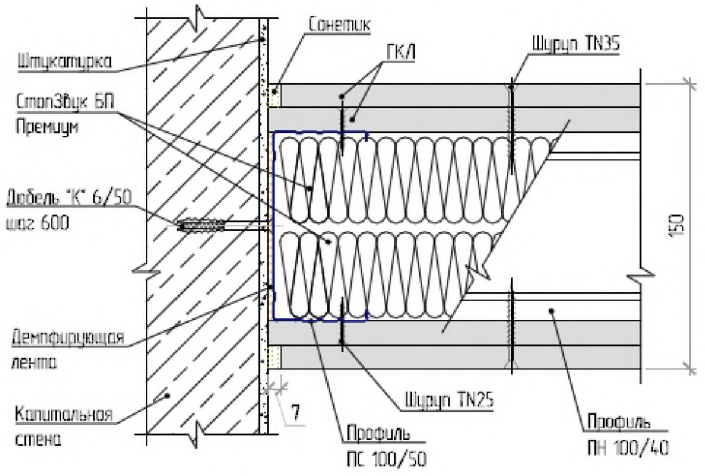
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



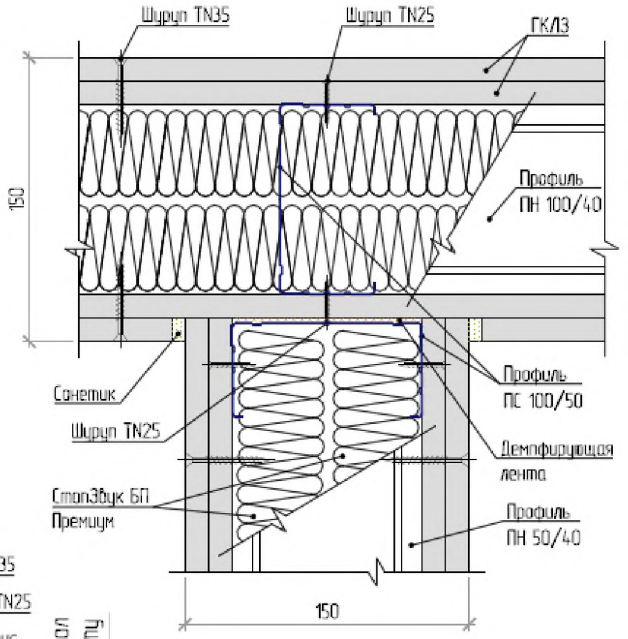
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.4	2ГКЛ3-(М100-2СЗБПремиум)-2ГКЛ3	150	58

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

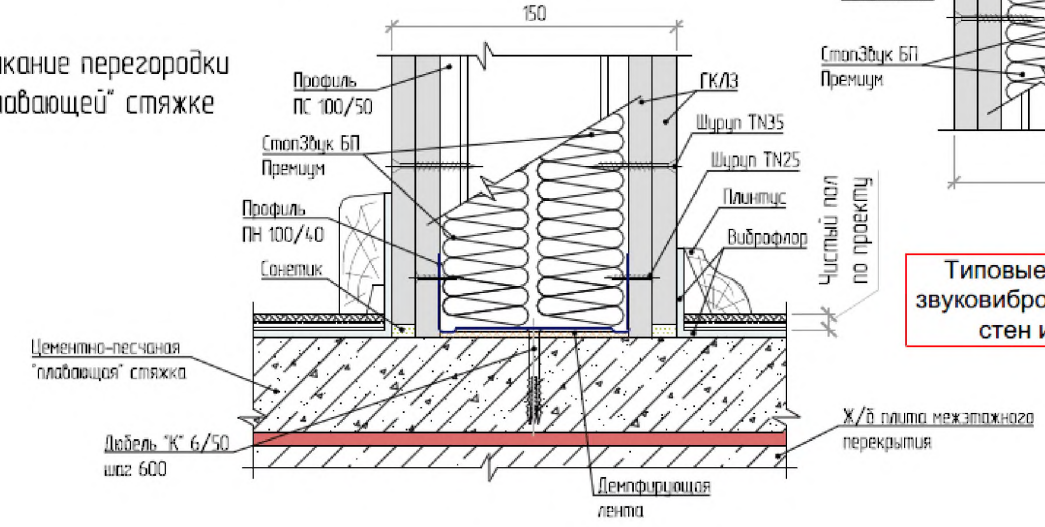
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°



Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

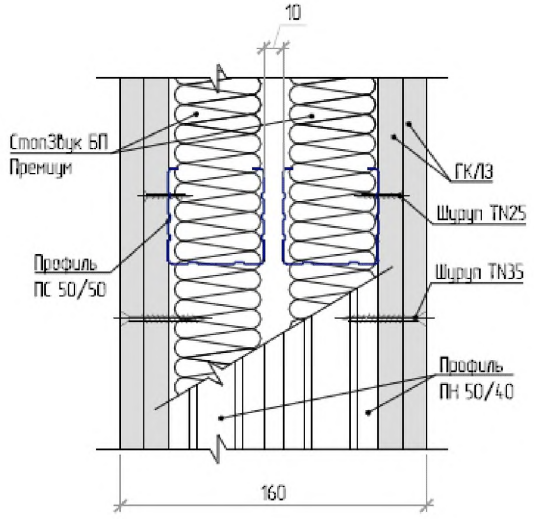


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 160 мм, тип С-1.3

Rw=64 дБ

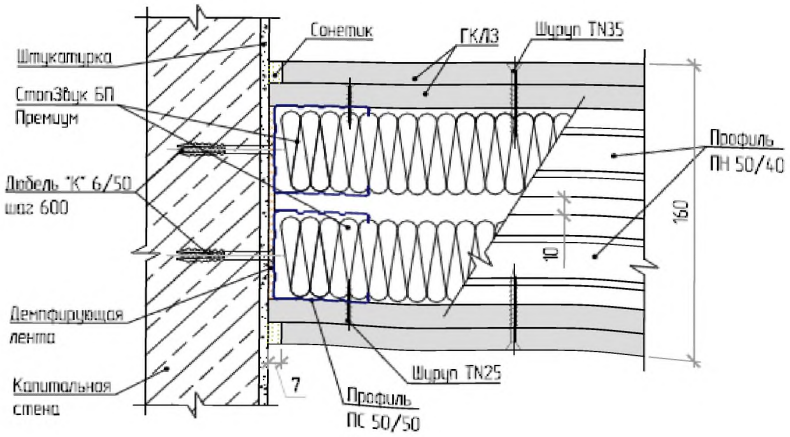
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



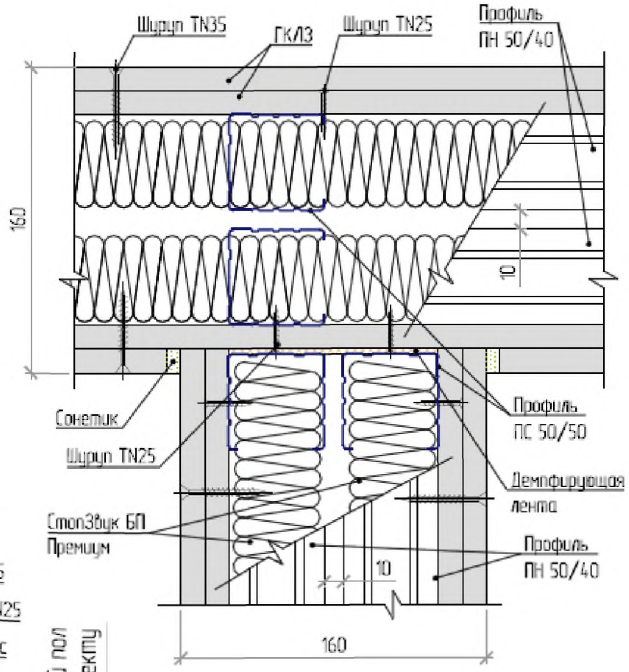
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.3	2ГКЛ3-(М50-С3БППремиум-10-С3БППремиум-М50)-2ГКЛ3	160	64

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

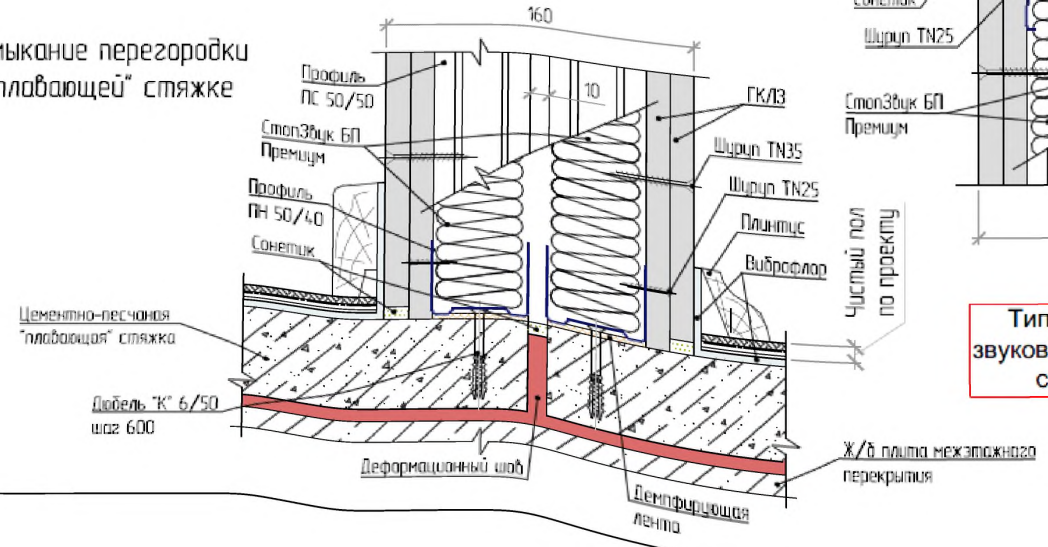
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°



Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

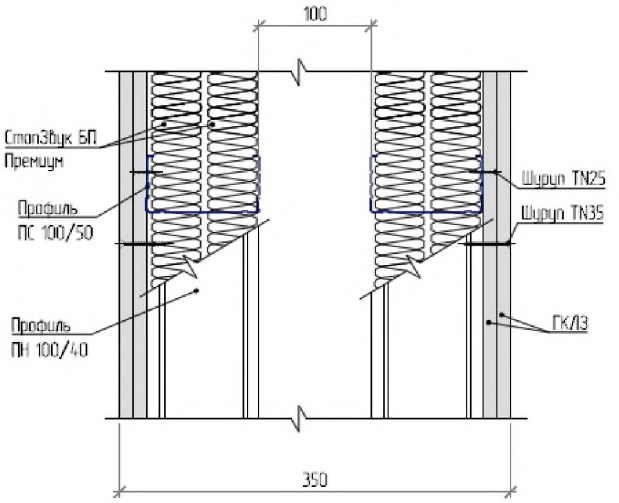


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 350 мм, тип С-1.4

Rw=68 дБ

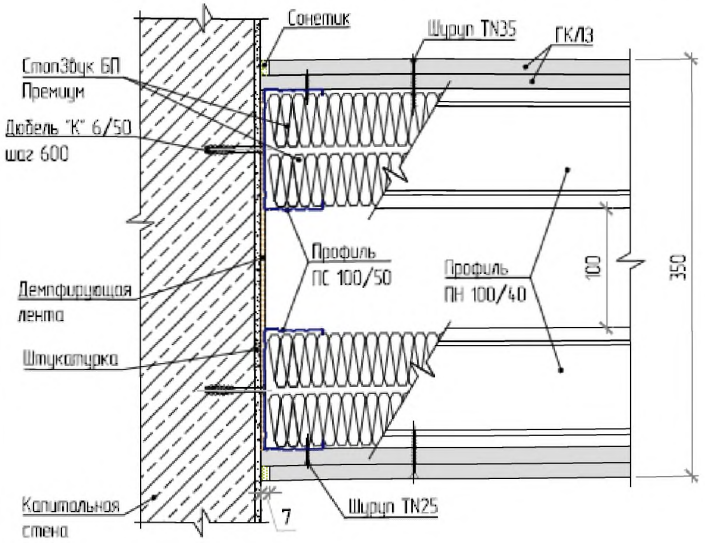
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



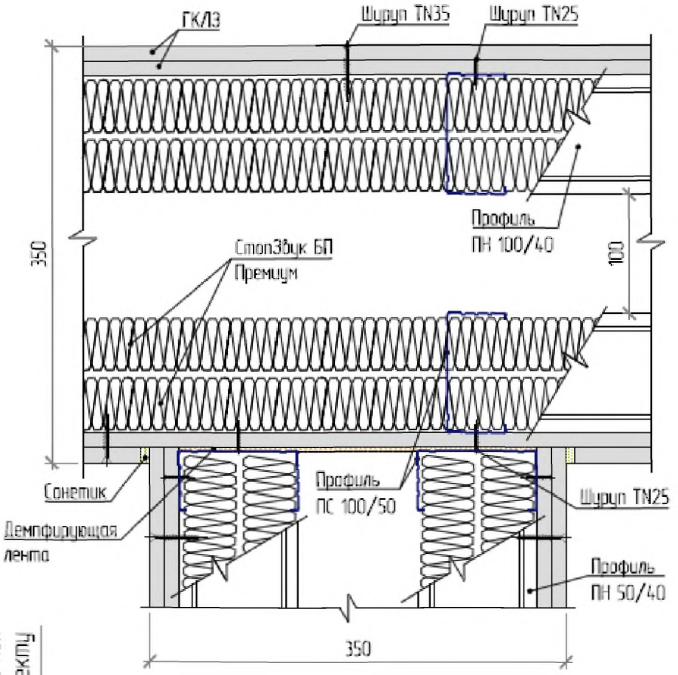
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.4	2ГКЛ3-(М100-2С3БППремиум-100-2С3БППремиум-М100)-2ГКЛ3	350	68

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

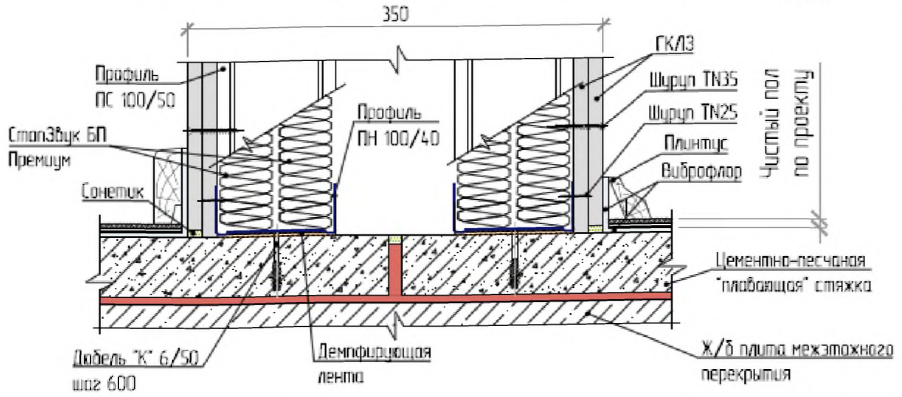
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°



Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

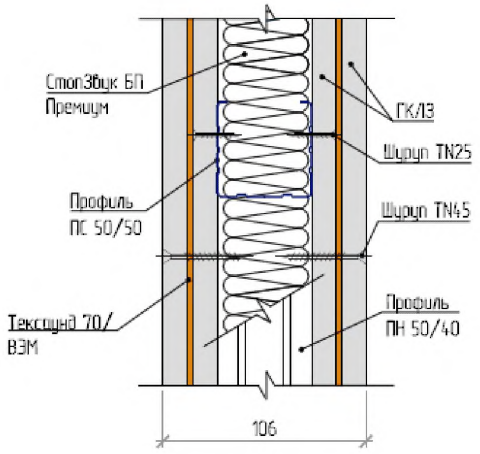


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 106 мм, тип С-1.5

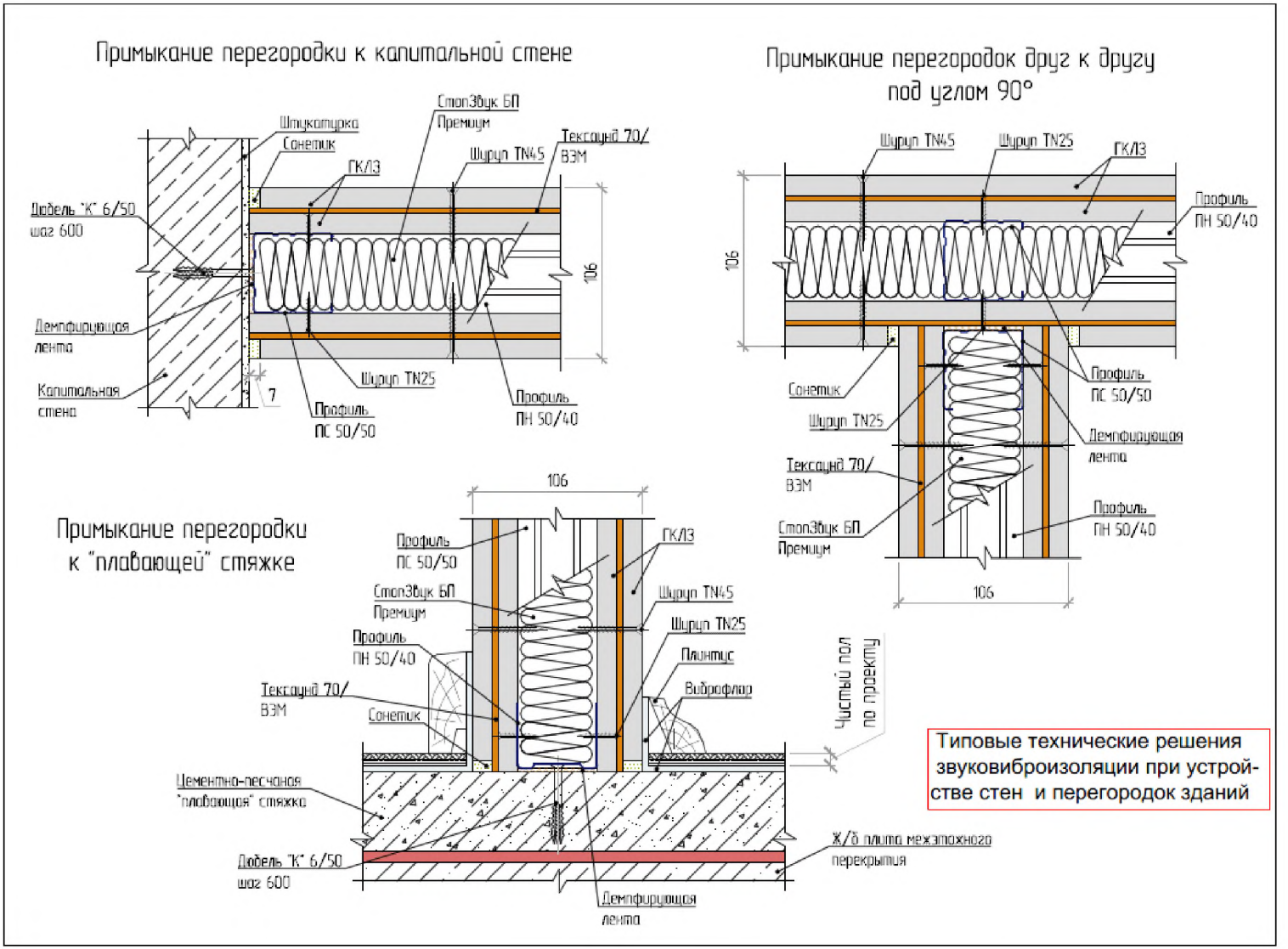
Rw=58 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



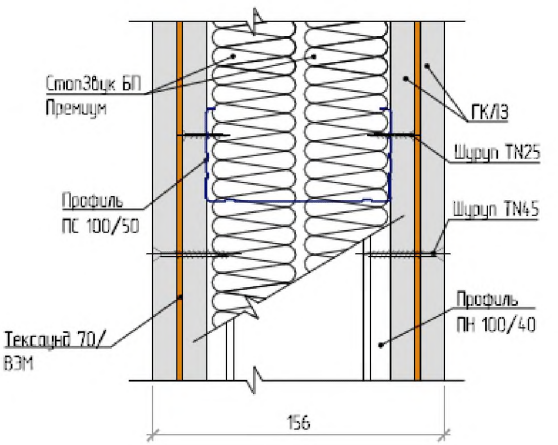
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.5	ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3-(М50-С3БППремиум)-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3	106	58

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев


Примыкание перегородки к капитальной стене
Штукатурка
Сонетик
ГКЛ3
СтопЗвук БП Премиум
Шуруп TN45
Текстаунд 70/ ВЗМ
Дюбель "К" 6/50 шаг 600
Демпфирующая лента
Капитальная стена
Шуруп TN25
Профиль ПС 50/50
Профиль ПН 50/40
7
106
Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°
Шуруп TN45
Шуруп TN25
ГКЛ3
Профиль ПН 50/40
106
Сонетик
Шуруп TN25
Профиль ПС 50/50
Демпфирующая лента
Текстаунд 70/ ВЗМ
СтопЗвук БП Премиум
Профиль ПН 50/40
106
Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке
106
Профиль ПС 50/50
ГКЛ3
СтопЗвук БП Премиум
Шуруп TN45
Шуруп TN25
Профиль ПН 50/40
Плинтус
Виброфлор
Текстаунд 70/ ВЗМ
Сонетик
Чистый пол по проекту
Цементно-песчаная "плавающая" стяжка
Дюбель "К" 6/50 шаг 600
Ж/б плита межэтажного перекрытия
Демпфирующая лента
Типовые технические решения звукоизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

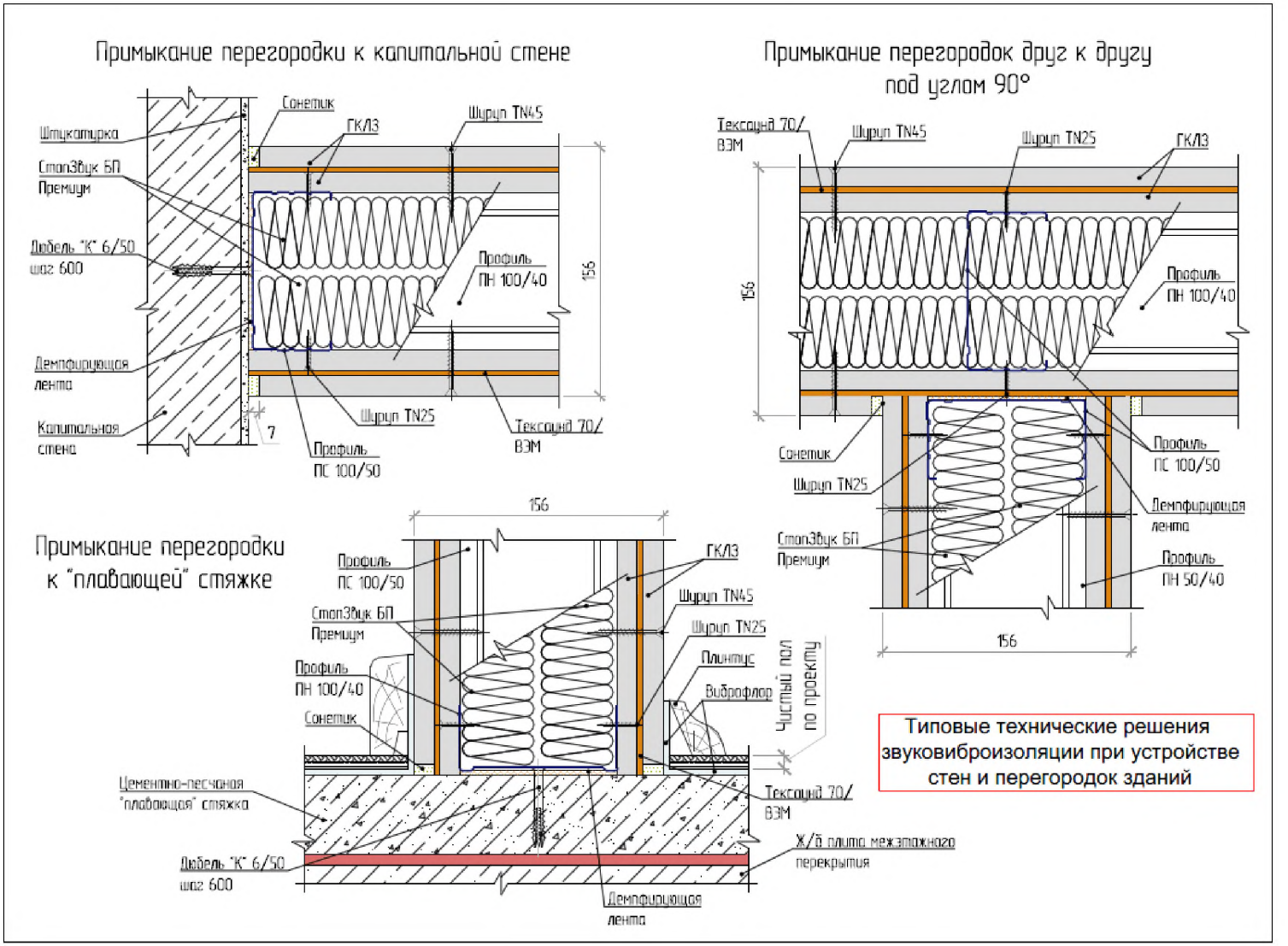
Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 156 мм, тип С-1.6	Rw=61 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.6	ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3-(М100-2С3БППремиум)-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3	156	61

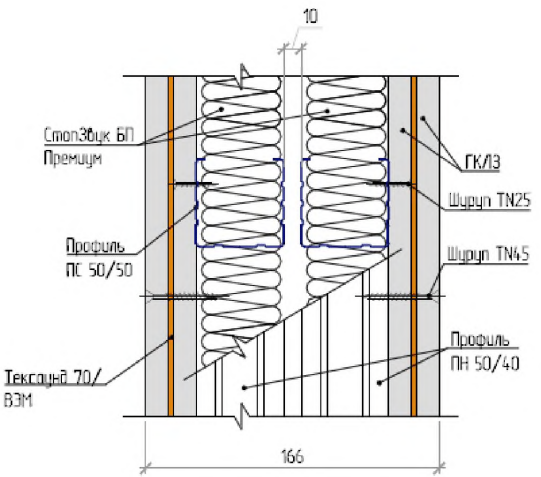
[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев


Примыкание перегородки к капитальной стене
Штукатурка
СтопЗвук БП Премиум
Дюбель "К" 6/50 шаг 600
Демпфирующая лента
Капитальная стена
7
Сонетик
ГКЛ3
Шуруп TN45
Профиль ПН 100/40
156
Шуруп TN25
Профиль ПС 100/50
Тексаунд 70/ ВЗМ
Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°
Тексаунд 70/ ВЗМ
Шуруп TN45
Шуруп TN25
ГКЛ3
156
Профиль ПН 100/40
Сонетик
Шуруп TN25
Профиль ПС 100/50
Демпфирующая лента
СтопЗвук БП Премиум
Профиль ПН 50/40
156
Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке
156
Профиль ПС 100/50
ГКЛ3
Шуруп TN45
СтопЗвук БП Премиум
Шуруп TN25
Профиль ПН 100/40
Плинтус
Виброфлор
Сонетик
Чистый пол по проекту
Цементно-песчаная "плавающая" стяжка
Тексаунд 70/ ВЗМ
Дюбель "К" 6/50 шаг 600
Ж/б плита межэтажного перекрытия
Демпфирующая лента
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 166 мм, тип С-1.7

Rw=67 дБ

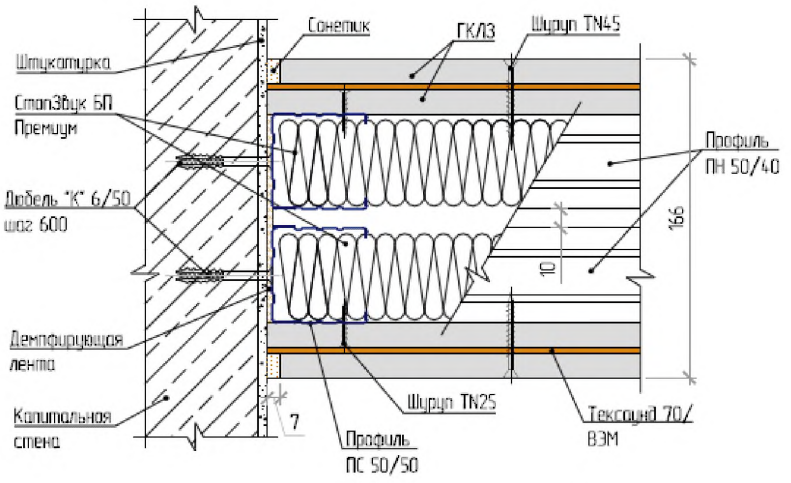
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



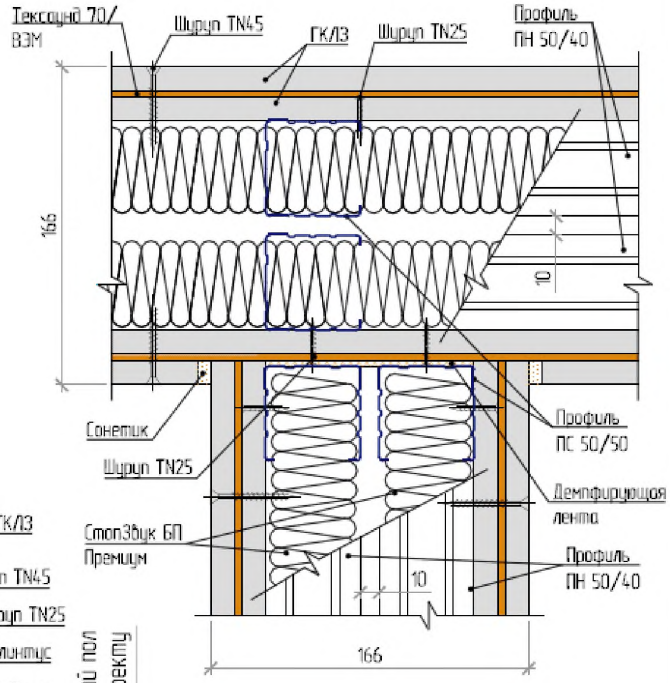
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.7	ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3-(М50-СЗБПремиум-10-СЗБПремиум-М50)-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3	166	67

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

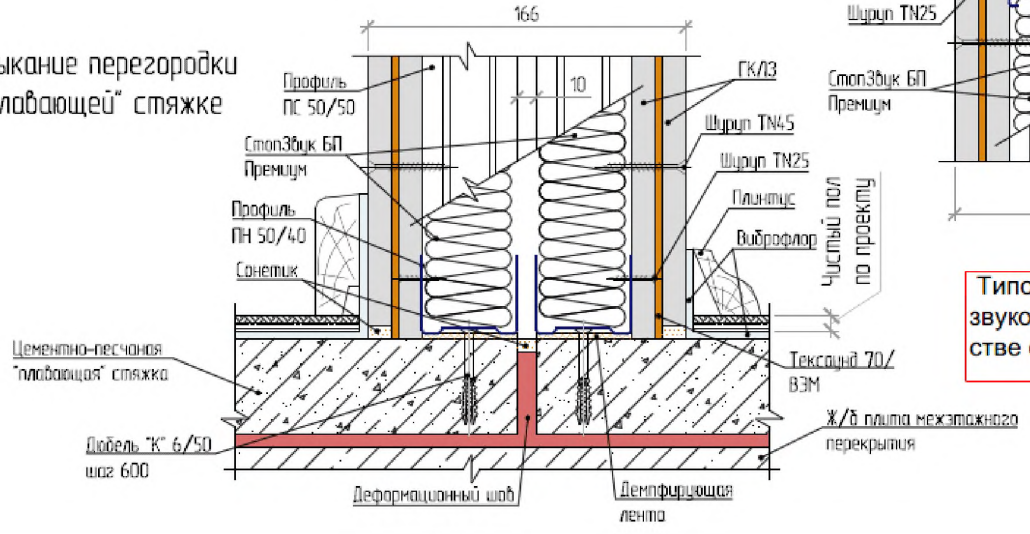
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°



Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

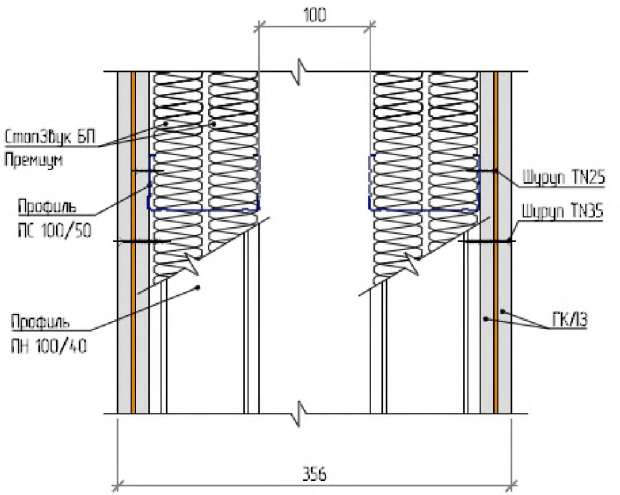


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Каркасная звукоизолирующая перегородка толщиной 356 мм, тип С-1.8

Rw=72 дБ

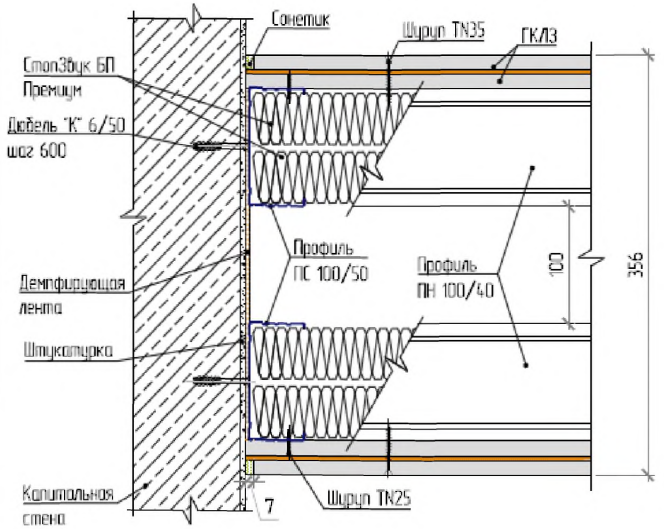
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



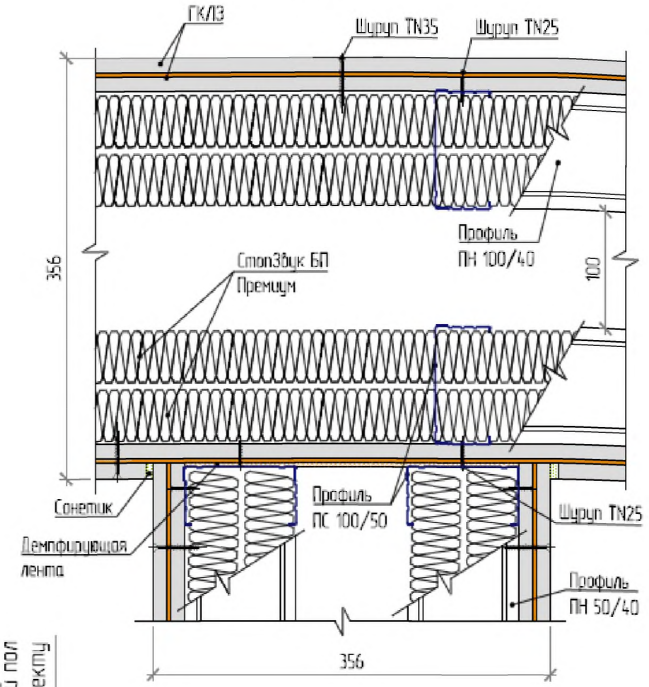
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина перегородки (мм)	Rw (дБ)
С-1.8	ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3-(М100-2С3БППремиум-100-2С3БППремиум-М100)-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3	356	72

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит перегородка. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

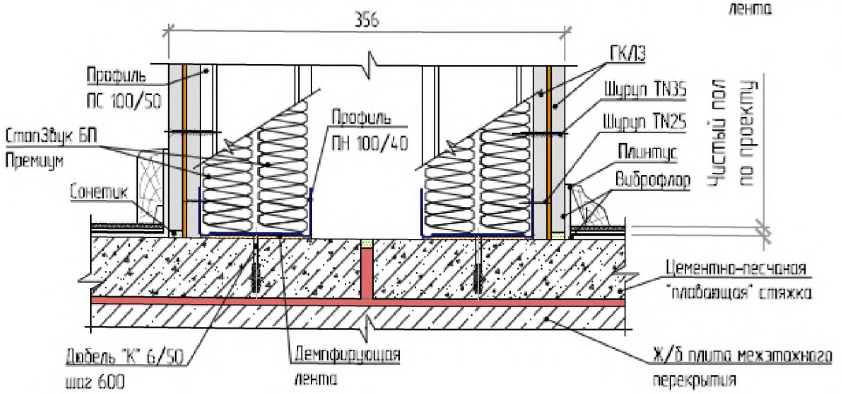
Примыкание перегородки к капитальной стене



Примыкание перегородок друг к другу под углом 90°

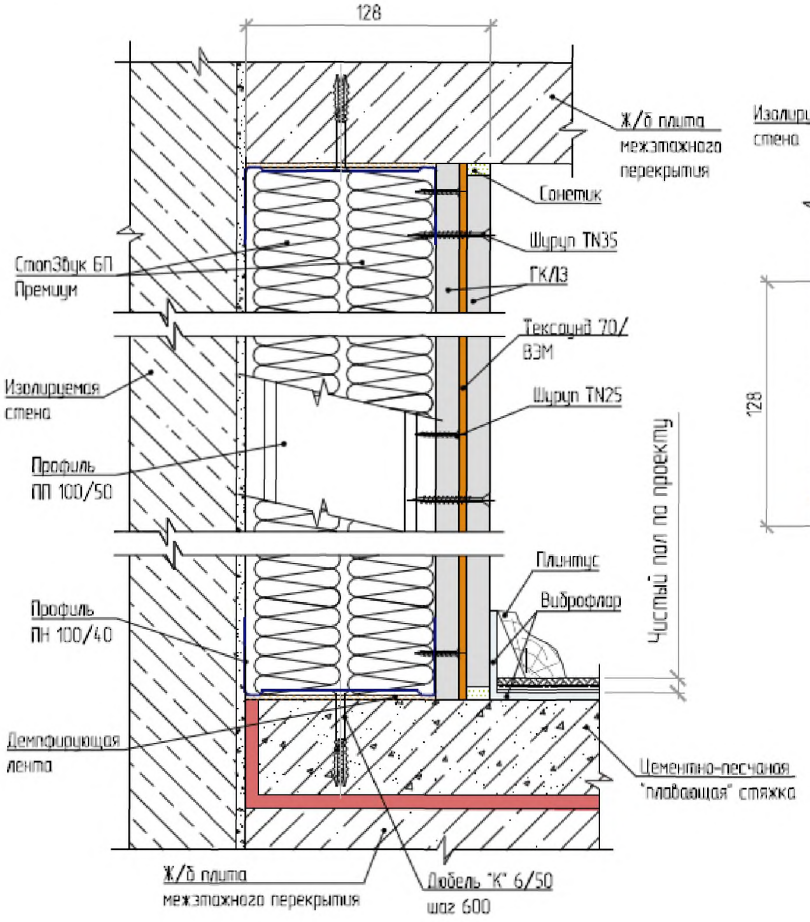


Примыкание перегородки к "плавающей" стяжке

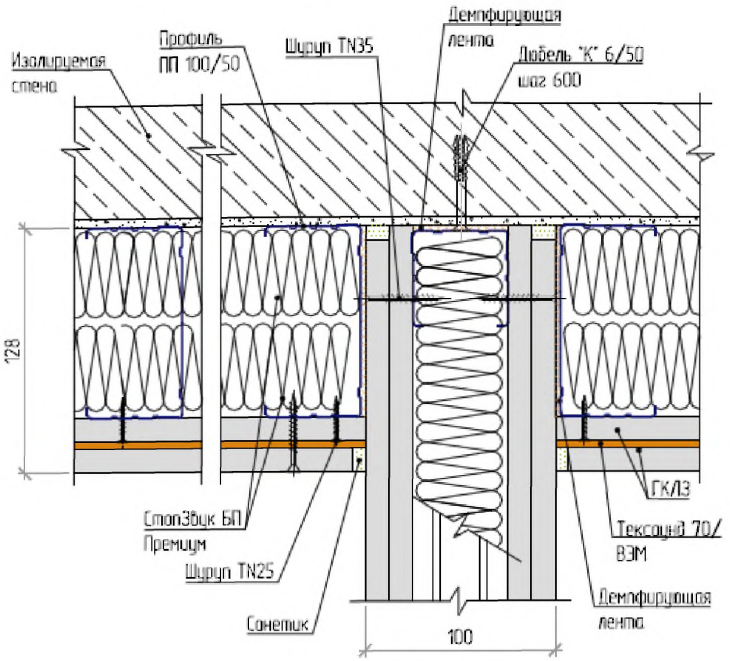


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Примыкание облицовки стены к "плавающей" стяжке пола и к плите межэтажного перекрытия в уровне потолка



Примыкание облицовки стены к перегородке С 1.1



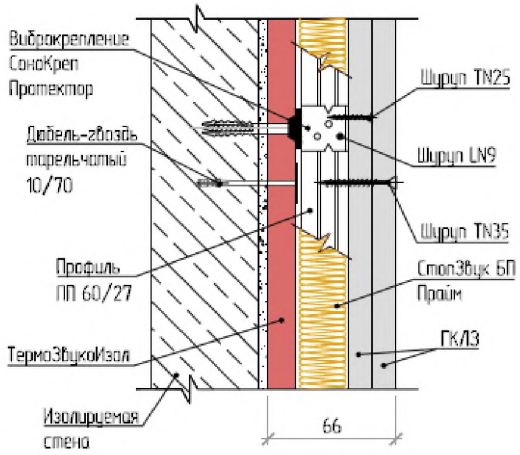
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Звукоизолирующая облицовка толщиной 66 мм, тип С-2.1

ΔRw_1=14 дБ

ΔRw_2=12 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

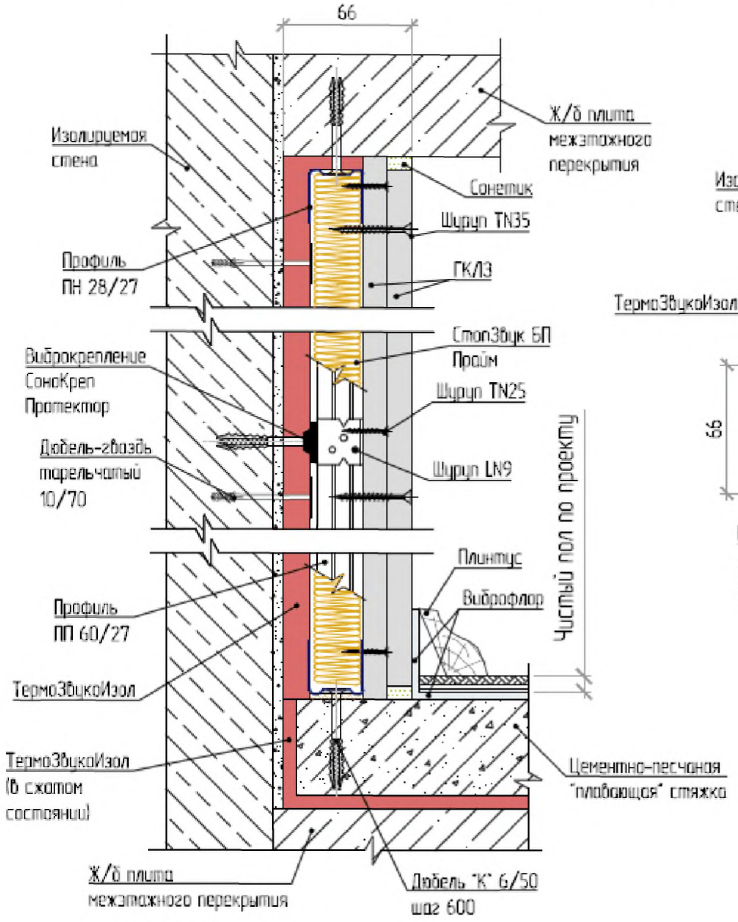


Тип конструкции	Формула сечения[1]	Толщина облицовки (мм)	$Rw_{осн.}$ (дБ)	ΔRw (дБ)
С-2.1[2]	ПБС200-ТЗИ-С3БПП-2ГКЛ3	66	45	14
	ЖБС140-ТЗИ-С3БПП-2ГКЛ3		51	12

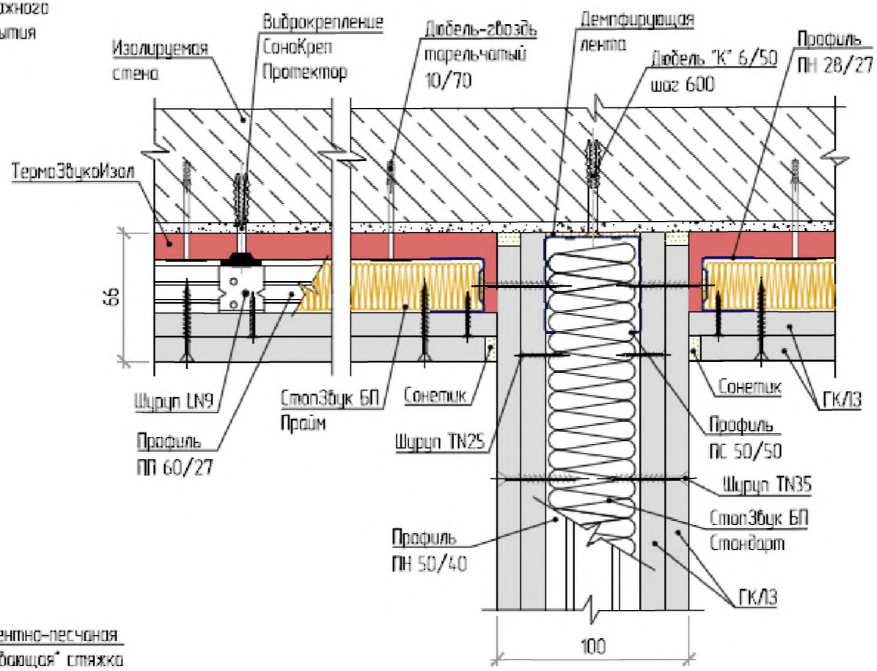
[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит конструкция. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

[2] Данная схема звукоизолирующей облицовки испытана для двух типов стен:
- из пенобетонных блоков толщиной 200 мм (ПБС200);
- из железобетона толщиной 140 мм (ЖБС140).

Примыкание облицовки стены к "плавающей" стяжке пола и к плите межэтажного перекрытия в уровне потолка



Примыкание облицовки стены к перегородке С 1.1



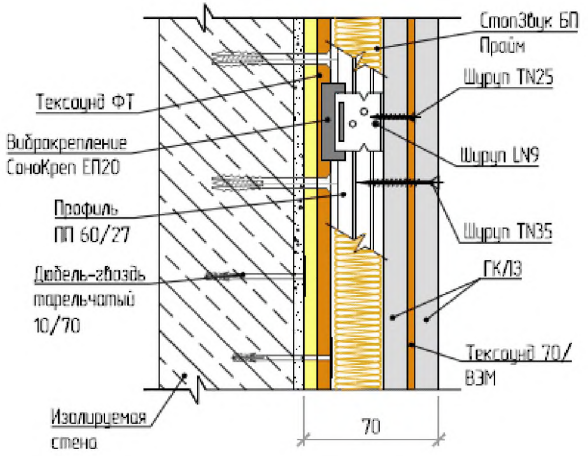
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Звукоизолирующая облицовка толщиной 70 мм (на виброкреплениях СоноКрепЕП20), тип С-2.3

ΔRw_1=18 дБ

ΔRw_2=17 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

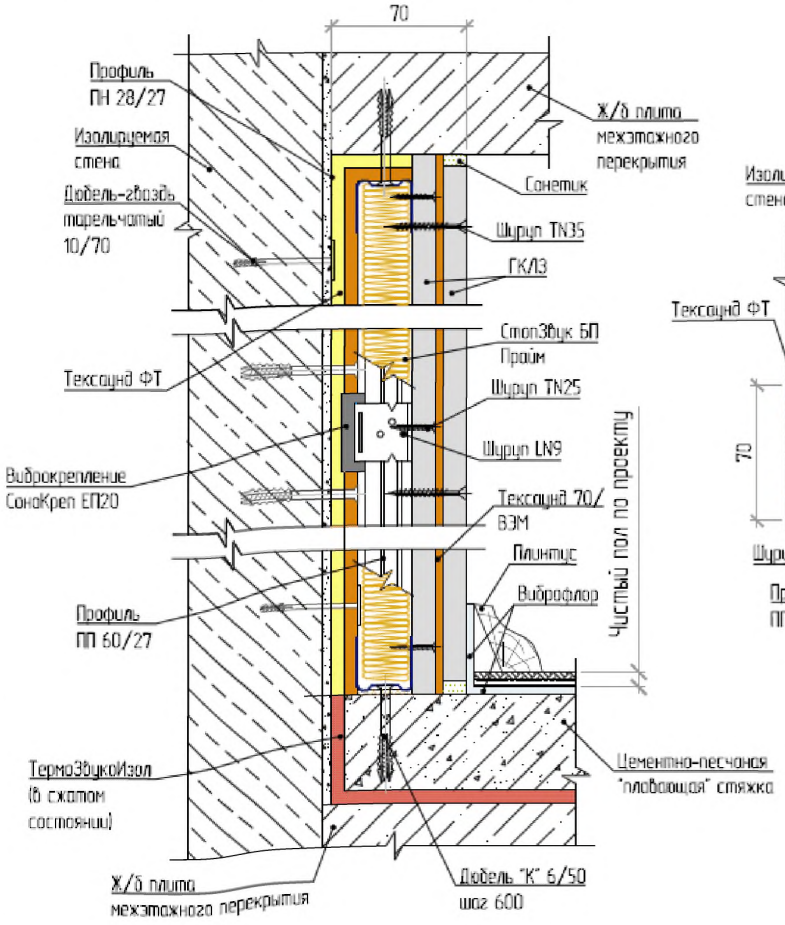


Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина облицовки (мм)	$Rw_{осн.}$ (дБ)	ΔRw (дБ)
С-2.3 [2]	ПБС200-ТЗИ-ТСФТ-СЗБПП-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3	70	45	21
	ЖБС140-ТЗИ-ТСФТ-СЗБПП-ГКЛ3-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ3		51	20

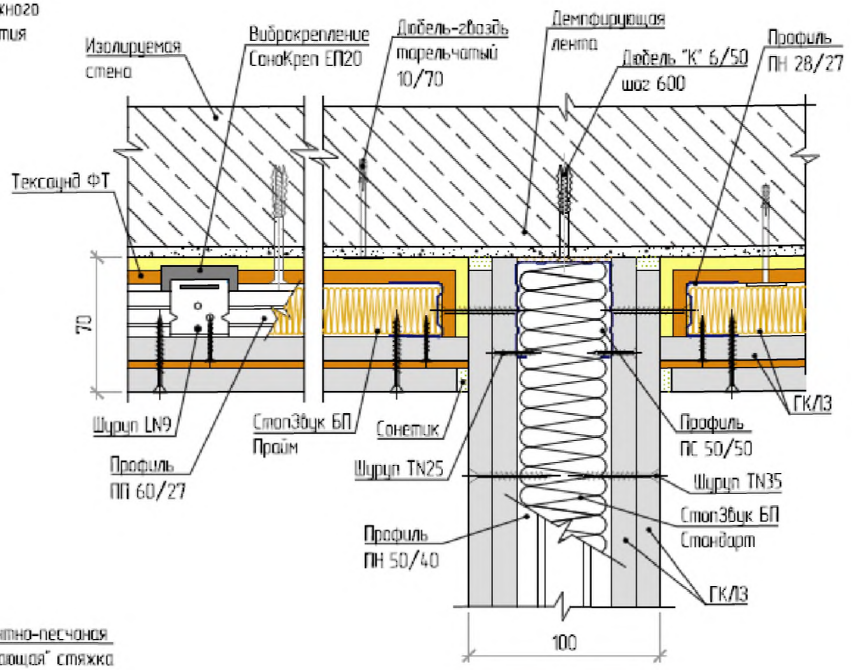
[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит конструкция. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

[2] Данная схема звукоизолирующей облицовки испытана для двух типов стен:
- из пенобетонных блоков толщиной 200 мм (ПБС200);
- из железобетона толщиной 140 мм (ЖБС140).

Примыкание облицовки стены к "плавающей" стяжке пола и к плите межэтажного перекрытия в уровне потолка



Примыкание облицовки стены к перегородке С 1.1

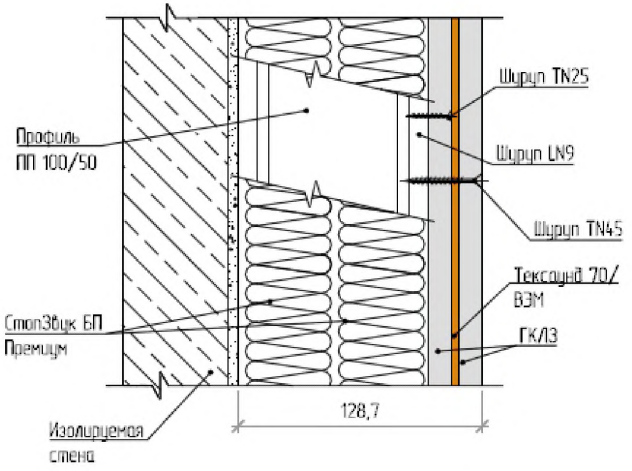


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий

Звукоизолирующая облицовка толщиной 128 мм, тип С-2.4 (на независимом каркасе)

ΔRw_1=19 дБ
ΔRw_2=18 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве стен и перегородок зданий



Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина облицовки (мм)	$Rw_{осн.}$ (дБ)	ΔRw (дБ)
С-2.4 [2]	ПБС200-(М100-2С3БППремиум)-ГКЛ3-(ТС70/ВЗМ)-ГКЛ3	128	45	19
	ЖБС140-(М100-2С3БППремиум)-ГКЛ3-(ТС70/ВЗМ)-ГКЛ3		51	18

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит конструкция. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

[2] Данная схема звукоизолирующей облицовки испытана для двух типов стен:
- из пенобетонных блоков толщиной 200 мм (ПБС200);
- из железобетона толщиной 140 мм (ЖБС140).

14 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

14.1 Для увеличения звукоизоляции междуэтажных перекрытий и создания в помещении под перекрытием благоприятного акустического режима применяются звукоизоляционные подвесные потолки на эластичных подвесах, которые выполняются в большинстве случаев по каркасной технологии и облицовываются листами акустического звукопоглощающего материала – подвесными потолочными панелями.

Монтаж подвесных потолков заключается в креплении к несущим плитам перекрытия (снизу) системы из подвесов и реек, на которые укладываются звукопоглощающие плиты.

14.2 Для усиления звукопоглощающих свойств подвесного потолка и улучшения с помощью его звукоизоляции перекрытия между несущими плитами перекрытия и звукопоглощающими плитами помещают плиты из минеральной ваты, или базальтового стекловолокна, или из другого рыхлого звукопоглощающего материала. В свободном пространстве между несущими плитами перекрытия и подвесным потолком могут проходить различные коммуникации, например, воздуховоды вентсистем, кабели и др., которые не видны снизу потолка.

14.3 Все подвесные потолки можно разделить на 3 большие группы:

- модульные;
- ячеистые;
- реечные.

Каждая из этих групп имеет свои преимущества и позволяет решать различные задачи по оформлению и созданию необходимых условий в помещении.

14.4 Модульные подвесные потолки состоят из отдельных элементов, включающих в себя подвесную систему и потолочные плиты, либо кассеты. Их отличает простота монтажа, эксплуатации, широкий ассортимент цветовых решений и используемых материалов.

При монтаже модульных подвесных потолков сначала монтируется система креплений – каркас. Он подвешивается к потолку, и представляет собой решетку из реек с Т-образным профилем, на которую укладываются кассеты (преимущественно металлические) или потолочные плитки. Это, например, подвесные потолки фирм Армстронг, Экофон.

Существуют как скрытые подвесные системы, так и видимые. Первые позволяют создавать эффект монолитной поверхности и требуют использования специальных плит. Во вторых элементы каркаса служат частью дизайна, разделяя поверхность на квадраты или прямоугольники равной площади.

В качестве материалов в подвесных потолках используют минеральное волокно, стекловолокно, металл и дерево.

14.5 Ячеистые подвесные потолки представляют собой решетку из металлических реек. Они частично скрывают коммуникации, но при этом не ограничивают к ним доступ. Используются в офисных и производственных помещениях, обеспечивая хорошую вентиляцию, а также полностью соответствуют пожарным нормам.

Благодаря ячеистой структуре, они позволяют реализовать любые виды освещения без необходимости прорезать дополнительные отверстия.

14.6 Реечные подвесные потолки состоят из реек определенной длины, ширины, различных видов кромок и собираются, как конструктор. Главным их преимуществом является простота монтажа, эксплуатации и ухода. Чаще всего их изготавливают из металла, преимущественно алюминия, поэтому они эффективно и долго служат в местах с повышенной влажностью. Востребованы как в офисных помещениях, так и в жилых помещениях, а также для кухонь, ванных комнат и др.).

14.7 В настоящее время существуют два способа устройства подвесных потолков – безкаркасные и каркасные системы.

Наиболее известной бескаркасной системой подвесного потолка является система ЗИПС – звукоизолирующая панельная система. Она состоит из сэндвич–панелей и финишных листов утяжеленного гипсокартона. Сэндвич–панели крепятся непосредственно к перекрытию через виброузлы, а гипсокартон прикрепляется к панели саморезами. Стыковка панелей друг с другом производится по типу паз–гребень.

14.8 Каркасные подвесные потолки представляют собой систему, состоящую из двух основных частей: видимой – это собственно поверхность потолка, и скрытой, которая является несущей конструктивной основой или каркасом подвесного потолка, прикрепляемой к перекрытию здания.

Наиболее часто используют одноосные и двухосные каркасные системы. Каркасы, состоящие из параллельных профилей, называются одноосными (рисунок 14.1в). Если основные и вспомогательные элементы каркасов располагаются перпендикулярно друг другу, то такие каркасы называются двухосными. При этом оси профилей могут располагаться в одном или двух уровнях, т.е. по существу двухосный каркас состоит из двух каркасов, соединенных в единую конструкцию.

Двухосный каркас в одном уровне состоит из главных и поперечных второстепенных элементов, расположенных в одном уровне (рисунок 14.1а).

В металлических каркасах для главных и второстепенных элементов фирмы в большинстве случаев применяют малоразмерные гнутые профили из тонколистовой стали, а также гнутые и прессованные профили из алюминиевых сплавов.

Главные элементы каркасов проходят без разрезки.

Двухосный каркас двухуровневый состоит из главных несущих элементов, расположенных в одном уровне, и второстепенных направляющих элементов, располагаемых ниже несущих и перпендикулярно к ним (рисунок 14.1б).

В металлических каркасах главные элементы выполняют из гнутых профилей тонколистовой стали, а также из гнутых прессованных ℓ-образных или замковых профилей.

По длине главные элементы соединяют внахлестку проволочными скрутками или болтами, а второстепенные только встык, скрепляя накладками. Для крепления второстепенных элементов к главным применяют хомуты из полосовой или круглой пружинной стали с отгибами, подводимыми под верхние полки второстепенных элементов, болты или другие крепежные детали. Детали крепления, выпускаемые различными фирмами, имеют незначительные различия. Подвешивают каркас к перекрытиям с помощью подвесок различной конструкции.

Применяются также бескаркасные подвесные потолки размерами на все помещение от стены до стены (рисунок 14.1г).

Если нижние полки второстепенных направляющих элементов входят в торцовые пазы лицевых отделочных плит, образуя сплошную бесшовную поверхность, то полки направляющих не должны иметь линейных отклонений более 0,5 мм на 1 м длины, а все направляющие должны находиться в одном горизонтальном уровне.

Если лицевые отделочные элементы укладывают так, что нижние полки каркаса остаются видимыми, то тогда каркас выполняют из направляющих элементов, имеющих декоративное покрытие на нижних полках.

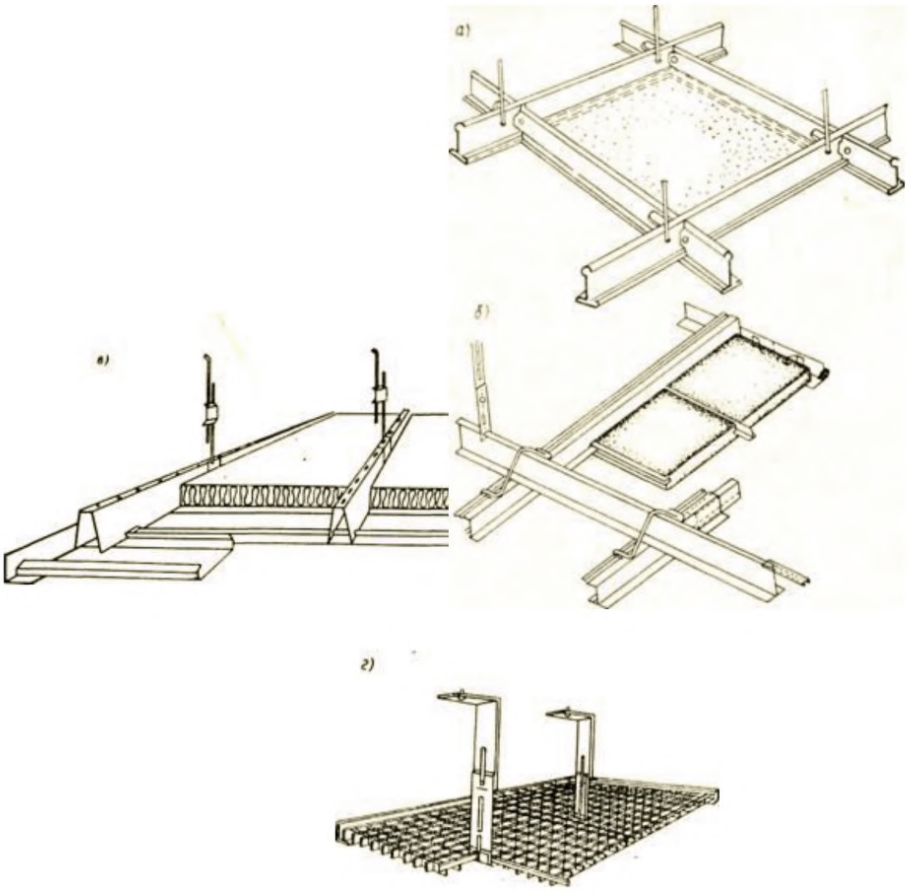


Рисунок 14.1 – Виды каркасов подвесных потолков:
а – двухосный в одном уровне; *б* – двухосный в двух уровнях; *в* – одноосный;
г – подвеска бескаркасного потолка через все помещение от стены до стены

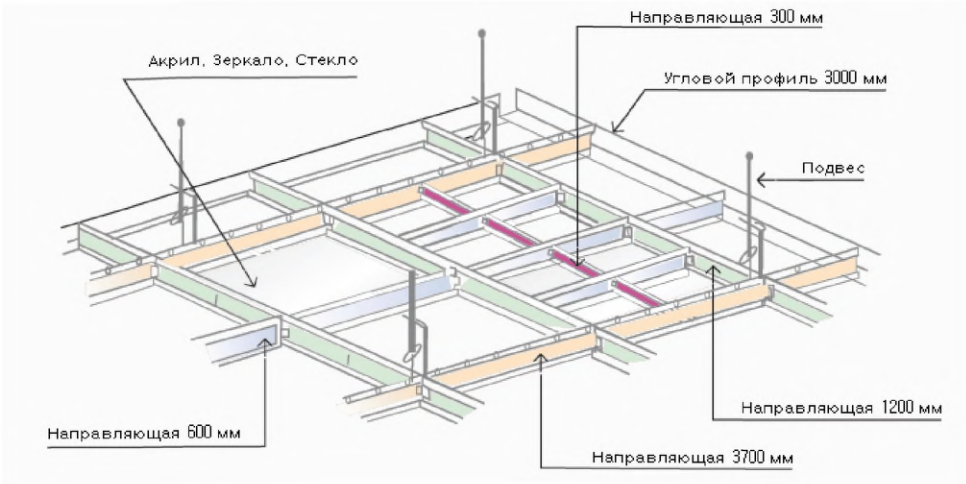


Рисунок 14.2 – Двухосный каркас в одном уровне

14.9 Для заполнения ячеек каркасов используются все виды лицевых элементов, которые устанавливают на полки каркаса.



Рисунок 14.3 – Вид фрагмента подвесного потолка снизу

14.10 В одноосных каркасах, состоящих из несущих профилированных элементов, расположенных параллельно друг другу, необходимую жесткость конструкции придают применением жестких подвесок или применением жестких лицевых элементов. Для несущих элементов используют реечные профили из алюминиевых сплавов толщиной 0,5–0,6 мм или ламели (выгнутые тонкие профили) толщиной 0,3–0,4 мм.

14.11 Все виды каркасов, выполненных из черных металлов, должны быть защищены антикоррозионной краской. Для элементов каркаса, полки которого видны с лицевой стороны, применяют профили с анодированными полками или с полками, имеющими декоративное покрытие эмалями.

Бескаркасные потолки собирают из легких светопрозрачных или светорассеивающих лицевых элементов, снабженных по контуру ребрами, примыкающими друг к другу, благодаря чему их можно монтировать на гибких подвесах.

По способу подвешивания бескаркасные потолки подразделяют на подвесные с независимым подвешиванием лицевых элементов и со связанным подвешиванием, при котором одна подвеска крепит и поддерживает два или четыре лицевых элемента.

14.12 Элементы каркаса подвесного потолка прикрепляют к несущим перекрытиям с помощью подвесок, которые, в свою очередь, с одной стороны имеют узлы и детали для крепления к перекрытиям, а с другой – для крепления к каркасу.

Подвески для всех видов каркасов во многом зависят от требуемой жесткости потолка в целом, от высоты надпотолочного пространства и от принятой схемы каркаса, они могут быть жесткими или гибкими.

14.13 Несмотря на многообразие форм и размеров, лицевые элементы для подвесных потолков можно разделить на пять групп: плоские или рельефные плиты, панели, листы или кассеты, панели–решетки и длинномерные элементы.

Плоские плиты – это прямоугольные лицевые элементы, толщина которых намного меньше их длины. По конструкции они могут быть однослойными из одного материала или многослойными из разных материалов. В большинстве случаев такие плиты имеют частичную перфорацию, занимающую до 20% площади плиты.

Рельефные плиты отличаются от плоских наличием на их поверхности заданного рельефа. Применяются два способа получения рельефа – конструктивный,

служащий для повышения пространственной жесткости лицевых элементов, и декоративный.

Панели, листы или кассеты – это квадратные, прямоугольные или треугольные лицевые элементы площадью 0,5–2,5 $м^2$, которые изготовляют из однородных или разнообразных материалов и придают им сложную пространственную конфигурацию. К таким элементам относят объемные блоки, выпускаемые комплектно со сборно–разборными перегородками.

Панели–решетки – это лицевые элементы, конструктивно выполненные из прямоугольных пластин, перекрещиваемых под углом 30 – 90°, или однотипных элементов–ячеек различного сечения (круглого, шестигранного и др.), соединенных между собой в единые блоки. Такие структурные блоки штампуются из одного и того же материала и имеют квадратное или прямоугольное сечение.

Длинномерные элементы – это изделия из пластин прямоугольного сечения, используемые как затемнительные или светорассеивающие экраны, укрепленные в вертикальном положении, или как изделия реечного типа различного сечения, навешиваемые на каркас горизонтально.

В зависимости от функционального назначения потолков лицевые элементы изготовляют из соответствующих материалов, обладающих декоративными, акустическими, огнезащитными и другими свойствами. В качестве лицевых элементов используют минераловатные, древесноволокнистые, пробковые и гипсовые плиты, гипсокартонные листы, а также изделия из газосиликата, металлов и алюминиевых сплавов. Акустические лицевые элементы отличаются от других наличием перфорации либо применением материалов со звукопоглощающими свойствами.

14.14 Для увеличения звукоизоляции подвесного потолка необходимо:

- увеличивать насколько возможно расстояние между облицовкой подвесного потолка и перекрытием;

- увеличивать поверхностную массу облицовки, применяя облицовки из массивных, но гибких листовых материалов;

- заполнять каркас минеральной ватой, базальтовым стекловолокном или другим подобным звукопоглотителем;

- применять в составе облицовок слои из вязкоэластичных материалов типа Tecsound;

- закреплять каркас подвесного потолка с помощью звукоизолирующих креплений с низкой резонансной частотой;

- обеспечивать примыкание элементов каркаса подвесного потолка к боковым поверхностям стен через упругие прокладки.

14.15 Технология монтажа подвесного потолка может быть рассмотрена на примере подвесного потолка фирмы ТИГИ–КНАУФ.

Вначале производится подготовка нижней поверхности несущих плит перекрытия – демонтируется ненужная электропроводка, при этом концы проводки тщательно изолируются; все ненужные крупные отверстия заполняются штукатуркой; все стыки, трещины, швы и прочие зазоры также тщательно оштукатуриваются.

Далее на потолок крепится слой шумопоглощающего материала – ТермоЗвукоИзол толщиной 10 мм. Сначала его необходимо зафиксировать в проектном положении отрезками профиля или брусками. Он крепится к потолку на пластиковые грибки 10×60мм (тарельчатые дюбели) из расчета 3 шт. на м^2.

Поверх слоя ТермоЗвукоИзола крепится первый слой мембраны Тексаунд 70. Мембрана крепится с помощью тарельчатых дюбелей, по 5 шт./м^2. Полосы Тексаунда монтируются на примыкающие стены с нахлестом в 10 см, в стыках между полосами также устраивают нахлест в 2–5 см, эти места необходимо проклеить, например клеем Homakoll 2601. После этого вплотную к слою Тексаунда прикрепляется направляющий профиль по всему периметру потолка, предварительно он проклеивается звукоизоляционной лентой Acoustic Tape или полоской Тексаунд 70. Эта полоска находится между стеной и профилем. Она гасит вибрации, которые передаются от стены через профиль на всю конструкцию. При монтаже системы учитывается вес материалов, которые будут крепиться к профилю, это слой ГКЛ и мембраны Тексаунд 70.

Затем выполняется монтаж потолочного профиля. Шаг между профилями в 400 или 600 мм делается с учетом того, что листы ГКЛ должны стыковаться на этих профилях. Шаг профилей должен соответствовать технологическим требованиям при установке ГКЛ, с учетом веса мембраны Тексаунд 70. Свободное пространство между профилями заполняется шумопоглощающим материалом, например, минеральной ватой или стекловолокном («Knauf Акустическая перегородка», «ISOVER Звукозащита» или минплиты плотностью 40…60 кг/м^3).

Все края профиля, которые видны после установки шумопоглощающего материала, проклеиваются звукоизоляционной лентой Acoustic Tape или полосками Тексаунд 70.

После этого зашивается первый слой ГКЛ, звукоизоляционная лента Acoustic Tape 60х3 остается между профилем и листами ГКЛ.

Перед монтажом второго слоя ГКЛ листы ГКЛ, из которых делается второй слой, располагают на горизонтальной поверхности, с помощью валика наносится на них клей Homakoll 2601 и равномерно наклеивают мембрану Тексаунд 70. Края мембраны должны выступать за края ГКЛ на 1 см с каждой стороны. К ГКЛ мембрана приклеивается гладкой поверхностью. Вторая –тканевая сторона мембраны будет примыкать к первому листу гипсокартона. Края мембраны Тексаунд70, выступающие за край листов ГКЛ, обрезаются максимально ровно. Через 2–5 минут клей схватывается.

Тогда листы ГКЛ. проклеенные мембраной Тексаунд 70, монтируются на потолочную конструкцию тканевой стороной к первому слою листов ГКЛ. При этом мембрана оказывается между двумя слоями ГКЛ.

На завершающем этапе монтажа, при наличии неровных швов и зазоров, нужно заполнить их звукоизолирующим герметиком GreenGlue и отшлифовать после засыхания герметика. Это позволяет сделать конструкцию полностью герметичной и устранить утечку звука. Низ потолка может быть обклеен декоративными плитками или покрашен.

14.16 Ожидаемое снижение шума в нижнем помещении, обеспечиваемое конструкцией подвесного потолка, следует рассчитывать следующим способом:

Вначале определяется средний коэффициент звукопоглощения помещения до устройства звукопоглощающей облицовки по формуле:

$$\alpha = \frac{B / S_{огр}}{B / S_{огр.} + 1}\ , \qquad (14.1)$$

где B –постоянная помещения до облицовки, м^2; определяется по разделу 10 (формула (10.3), таблицы 10.2, 10.3);

$S_{огр.}$ – общая площадь ограждающих конструкций помещения, м^2.

Величина звукопоглощения A_1 необлицованных поверхностей помещения равна:

$$A_1 = \alpha\,(S_{\text{огр.}} - S_{\text{обл.}}),\ \text{м}^2, \qquad (14.2)$$

где $S_{\text{обл.}}$ – площадь подвесного потолка, покрытая звукопоглощающим материалом, м^2.

Дополнительное звукопоглощение, вносимое облицовкой ΔA, определяется для каждой октавной полосы по формуле:

$$\Delta A = \alpha_{обл} S_{\text{обл.}},\ \text{м}^2. \qquad (14.3)$$

Средний коэффициент звукопоглощения α_1 помещения со звукопоглощающей облицовкой равен

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{огр.}}. \qquad (14.4)$$

Постоянная помещения после облицовки потолка звукопоглощающим материалом рассчитывается по формуле:

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1},\ \text{м}^2. \qquad (14.5)$$

Снижение уровня звукового давления ΔL в каждой октавной полосе при облицовке потолка звукопоглощающим материалом определяется по формуле:

$$\Delta L = 10\lg\frac{\psi B_1}{\psi_1 B},\ \text{дБА}, \qquad (14.6)$$

где ψ, ψ_1 – коэффициенты, учитывающие нарушение диффузности звукового поля до и после облицовки.

За счет акустической облицовки подвесного потолка уровень шума в нижнем помещении может дополнительно снизиться на 5–7 дБА.

14.17 В настоящее время имеется много фирм–производителей, которые выпускают подвесные потолки различного вида. Наиболее известными из них являются фирмы, ECOPHON, ARMSTRONG, LUXALON, AKUSTO, OWA, ROCKFON и др. Более подробно продукция этих фирм для подвесных потолков описана в Приложении Б.

При выборе подвесного потолка все его элементы, необходимые для полного монтажа – каркас, лицевые плиты, подвесы, кронштейны, крепежные элементы и соединители – лучше приобретать у одного поставщика, так как это является гарантией того, что не будет нестыковок, и все будет работать правильно.

14.18 Потолочные плиты выпускаются из различного сырья. Например, потолочные плиты производства фирм ECOPHON, AKUSTO выполнены из стекловаты; фирм ARMSTRONG, OWA, ROCKFON – из минерального волокна.

Подвесные потолки LUXALON представляют собой алюминиевые перфорированные потолки. Хорошим шумозащитным эффектом обладают бескаркасные акустические панели ЗИПС, прикрепляемые непосредственно к несущей части перекрытия.

14.19 Лицевые элементы из минераловатных плит, получаемых из прессованной гранулированной минеральной ваты, получили название Травертон, а плиты на основе силикатных волокон – Спинтон. Плиты Спинтон более экономичны, они имеют прочность на сжатие на 40–50% больше, чем плиты Травертон, что позволяет увеличить их размеры. Плиты Травертон имеют размер 300×600×20 мм, а Спинтон – 1200×2400×16 мм, масса 1 $м^3$ этих плит соответственно составляет 310–360 кг и 380–420 кг. Плиты обеих марок при толщине не менее 16 мм имеют в боковых гранях пазы, при меньшей толщине плиты выпускают без пазов. Благодаря специальной обработке граней плиты легко скользят по направляющим, обеспечивая легкую установку и быстрый съем в случае необходимости лицевых элементов.

14.20 Фирма Альстрем (Финляндия) выпускает аналогичные плиты из силикатного волокна под названием Альстрем–минерал, которые имеют белый цвет, текстуру травертинского мрамора, хорошие акустические свойства. Плиты Альстрем–минерал выпускаются толщиной 15 и 12 мм с размерами 600х300, 600, 1200 мм и 300×300 мм.

14.21 Лицевые элементы Овакустик–Дэссен изготовляются фирмой OWA (Германия) методом прессования из минеральной ваты. Они имеют 14 разновидностей фактуры лицевой поверхности. Для декоративно-акустических потолков используют сплошные квадратные плиты размерами 300×300, 600×600 мм и прямоугольные шириной 600 мм и длиной 1200, 2000, 2500 мм, причем квадратные плиты размером 600×600 мм и прямоугольные размером 600×1200 мм выпускаются перфорированными. Кроме того, фирма производит ленточные плиты шириной 300 мм, длиной 1200, 1250, 2000, 2500 мм, из которых плиты размерами 600×600, 600×1200 мм имеют отделочные покрытия, и крупногабаритные панели – 600×2400, 1200×1200 мм.

14.22 Лицевые элементы из ДВП изготовляют с обязательной напрессовкой пленочных текстурированных материалов, улучшающих декоративные свойства плит, или нанесением на них декоративных окрасочных слоев из специальных красок, повышающих огнестойкость лицевых элементов.

14.23 Лицевые элементы из пробковых плит производят фирмы США, Франции и других стран путем спекания пробковой крошки без связующего, их толщина не превышает 20 мм, а размеры согласуются с величиной ячеек каркаса. Такие плиты имеют мелкотрещиноватую фактуру поверхности, их покрывают двумя слоями латексной краски. Эти лицевые элементы обладают водостойкостью и относятся к трудносгораемым материалам.

14.24 Лицевые элементы из гипсокартонных листов применяют для акустических потолков, предварительно оклеив одну сторону алюминиевой фольгой для повышения сопротивления теплопередаче. Эти элементы имеют размеры 600×1200, 1800 и 2400 мм и толщину не более 13 мм.

Перфорация лицевых элементов занимает 20–25% поверхности плит и состоит из отверстий диаметром 4–6 мм, расположенных с шагом 10–15 мм, иногда перфорацию выполняют в виде щелей длиной 15–25 мм и шириной 4–6 мм.

Лицевые элементы из литых гипсовых плит применяют в большом объеме как декоративные с различным рисунком поверхности, так и в декоративно–акустических целях с перфорацией, которая занимает 15–20% площади и выполняется в виде регулярно и нерегулярно расположенных отверстий диаметром 4–5 мм. Для повышения ударной вязкости и огнестойкости плиты при изготовлении армируют рубленым стекловолокном. Плиты имеют всевозможные размеры, их боковые грани обычно профилируют с целью облегчения монтажа и демонтажа.

14.25 Компания Ecophon – мировой лидер в области производства акустических подвесных потолков и стеновых панелей.

Звукопоглощающие конструкции этой фирмы представляет собой комбинацию акустического подвесного потолка, например, типа Ecophon, и слоя специальной звукопоглощающей минеральной ваты, помещенного в пространство между перекрытием и подвесным потолком. Такая конструкция в отношении плиты перекрытия работает как звукоизоляционная, т.е. шум, проникающий непосредственно от плиты перекрытия, проходя через подвесной потолок, частично гасится. По отноше-

нию к самому помещению данная конструкция работает как звукопоглощающая. То есть шум по-прежнему проникает в защищаемое помещение через пол и стены, но, попав в нижнее помещение, поглощается подвесным потолком. Эффективность снижения шума, проникающего сверху, с помощью подвесного потолка составляет 5–7 дБА и зависит от толщины звукопоглощающего слоя подвесного потолка, высоты и объема помещения.

14.26 Снизу подвесной потолок закрывается потолочными звукопоглощающими панелями. Примером таких панелей являются потолочные панели Ecophon Focus. Серия включает в себя плоские и криволинейные панели, аксессуары для монтажа потолка в разных уровнях, различные торцевые профили и интегрированное освещение, панели имеют значительное звукопоглощение и широко применяются при решении задач акустики помещений.

14.27 В помещениях, где важна разборчивость речи, рекомендуется применение потолочных панелей Ecophon Master, которые имеют очень высокое звукопоглощение, и применяются, в классах, лекционных залах, в конференц–залах, концертных залах, в офисах открытого типа и других помещениях.

Потолочные панели серии Ecophon Master представлены с тремя различными поверхностями звукопоглощения, каждая из которых может использоваться как самостоятельно, так и в комбинации с другой поверхностью, в зависимости от помещения:

alpha– поверхность с максимальным коэффициентом звукопоглощения класса А. Используется как сплошной потолок в офисах открытого типа, конференц–залах, лекториях и других помещениях площадью до 100 м². Возможна комбинация с поверхностью типа gamma;

beta – поверхность, которую целесообразно применять при создании сплошного потолка в музыкальных залах площадью до 100 м². Поскольку данная поверхность обладает пониженным коэффициентом звукопоглощения на высоких частотах она предполагает более богатую тональную насыщенность, что важно при занятиях музыкой;

gamma – поверхность, обеспечивающая хорошее звукопоглощение только в диапазоне низких частот, а по другим частотам напоминающая больше звукоотра-

жательные поверхности. Благодаря своим свойствам, поверхность gamma позволяет повысить разборчивость речи оратора;

поверхность extra bass – является дополнением к поверхности alpha в тех случаях, когда требуется повышенное звукопоглощение, особенно на низких частотах.

14.28 Для помещений с большой площадью, в которых затруднена или невозможна установка потолка "от стены до стены", рекомендуется применение запатентованной акустической потолочной системы Ecophon Master Matrix. Система обеспечивает быстрый и легкий монтаж с высокой точностью благодаря предустановленным анкерам и закреплению панелей на подвесной системе на замках "click–in".

Фирма Ecophon выпускает множество других разновидностей подвесных потолков для применения в помещениях различного назначения.

14.29 Подвесные потолки Armstrong пользуются большой популярностью в мире благодаря своим отличным акустическим и монтажным качествам, высокой надежности каждого элемента системы. Потолки Armstrong состоят из каркаса, к которому прикрепляются плиты, формирующие поверхность потолка. Потолки Armstrong могут устанавливаться на любую поверхность, они хорошо скрывают неровности, дефекты и повреждения потолка любой сложности, под ними можно скрывать любые коммуникации. Конструкция подвесной системы потолка Armstrong позволяет придавать потолку любую степень наклона (от горизонтальной до вертикальной). Широкий выбор материалов, текстур, форм, огнестойкость, гигиеничность также относятся к преимуществам подвесных потолков Armstrong.

В целом все системы Armstrong можно разделить на две большие группы – видимые и невидимые. Первые отличаются простотой использования и монтажа. В зависимости от размера плит в видимых системах Армстронг потолок представляет собой поверхность, разделенную на равные прямоугольники или квадраты.

Невидимая система предполагает, что Армстронг–потолок будет выглядеть как монолитная поверхность, так как зазоры между плитами практически не видны из–за особого вида крепления на плитах, позволяющих скрыть элементы каркаса.

Существует целый модельный ряд потолков Армстронг, выдерживающих высокую влажность.

14.30 Компания Албес выпускает подвесные металлические потолки из алюминиевых и стальных изделий. Преимуществами таких потолков являются: Албес являются :

–использование перфорированных панелей со звукопоглощающей подложкой или специальных акустических панелей, позволяющих оптимизировать акустическую среду в помещении и создать комфортную атмосферу для работы и отдыха;

–легкость монтажа и демонтажа, функциональность и простота в эксплуатации;

–прочность и долговечность;

–пожаробезопасность и влагостойкость, благодаря чему эти потолки можно использовать в бассейнах, ванных комнатах, кухнях и т.п.

– большой выбор моделей и цветов подвесных потолков, позволяющих реализовывать различные дизайнерские проекты;

14.31 Одним из ведущих мировых производителей подвесных акустических потолков является фирма AMF (Германия). Она выпускает широкий выбор потолочных и стеновых панелей, удовлетворяющих разнообразным требованиям в отношении эксплуатационных характеристик, конструкции и лицевой поверхности.

Панели AMF предназначены для акустической отделки поверхностей стен и потолка в помещениях, к которым предъявляются высокие акустические требования: музыкальные и концертные залы, кинотеатры, музыкальные студии, комнаты переговоров, конференц–залы, аудитории, клубы, рестораны, бассейны, спортивные сооружения и т.п.

Отличительными особенностями панелей AMF являются:

- широкий ассортимент типов финишных покрытий – гладкие, перфорированные и структурированныеные поверхности,

- простота монтажа,

- класс горючести Г1,

- разнообразные типы кромок,

= возможность применения в помещениях с повышенной влажностью.

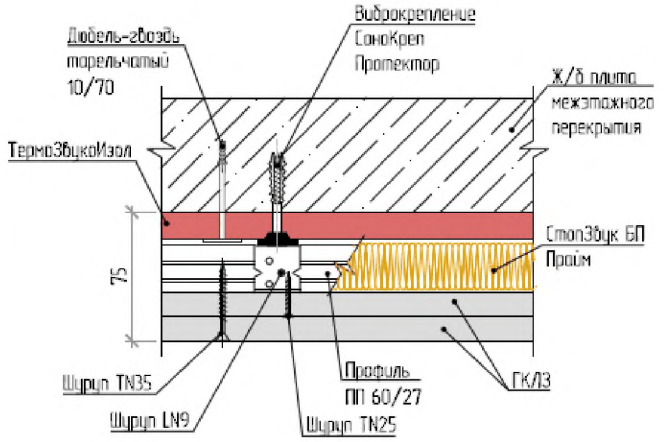
Более подробные сведения о фирмах–производителях подвесных полков и о свойствах их продукции следует искать в интернете на их сайтах.

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения (чертежи)

Звукоизолирующий потолок толщиной 75 мм, тип С-3.1

Rw=13 дБ

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения



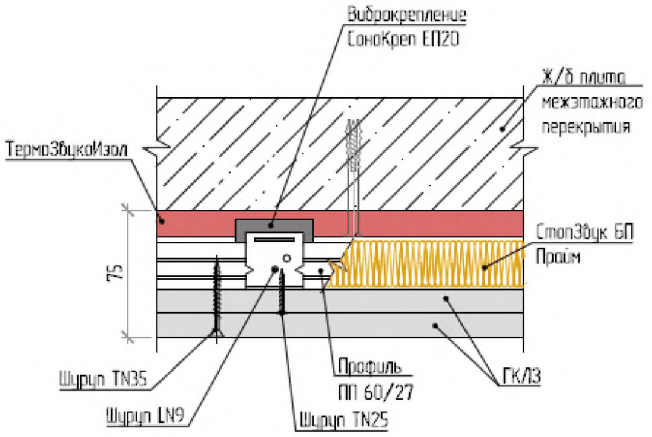
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.1	ЖБП140-ТЗИ-СЗБПП-2ГКЛ3	75	13

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Звукоизолирующий потолок толщиной 75 мм, тип С-3.2 (на виброкреплениях СоноКрепЕП20)

Rw=16 дБ

Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков
в помещениях различного назначения



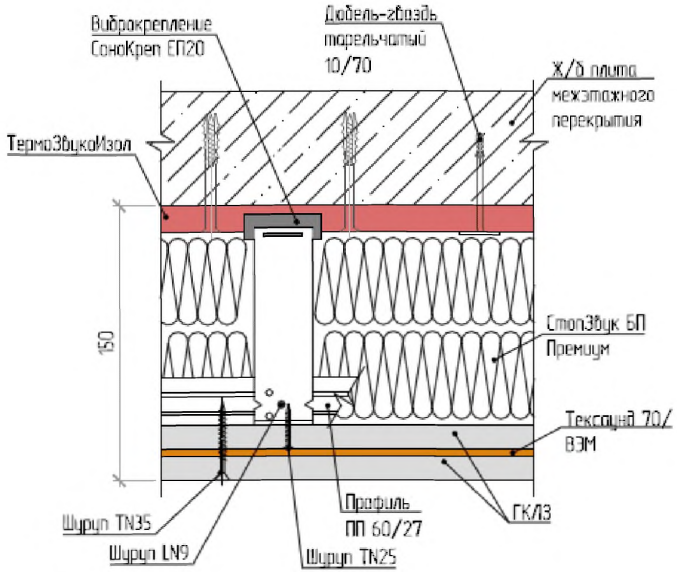
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.2	ЖБП140-ТЗИ-СЗБПП-2ГКЛ3	75	16

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Звукоизолирующий потолок толщиной 150 мм, тип С-3.3

Rw=20 дБ

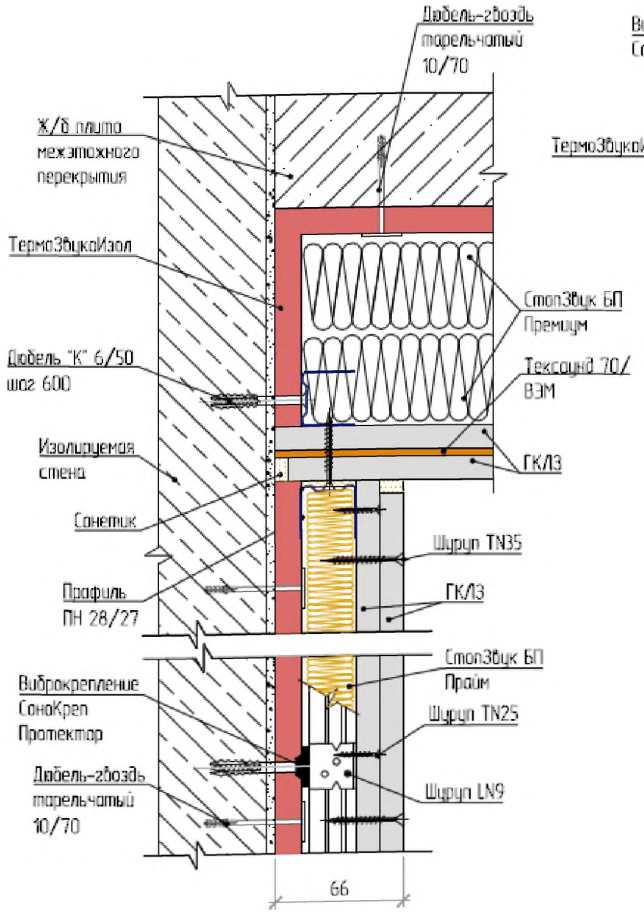
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения



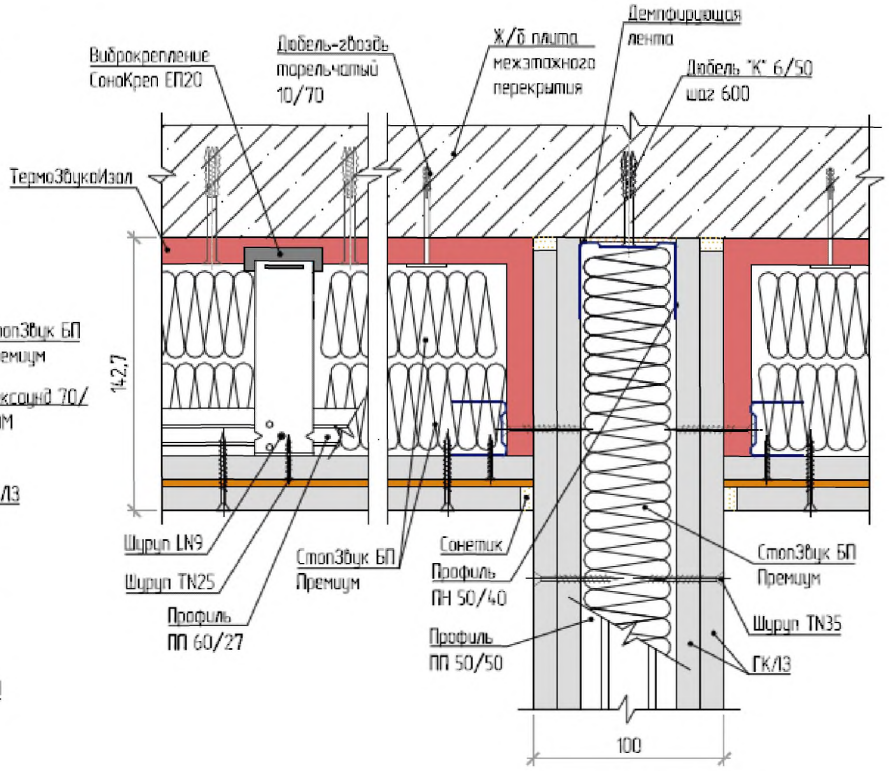
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.3	ЖБП140-ТЗИ-2СЗБППремиум-2ГКЛ3	150	20

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Примыкание звукоизолирующей облицовки потолка к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Примыкание потолка к перегородке С 1.1

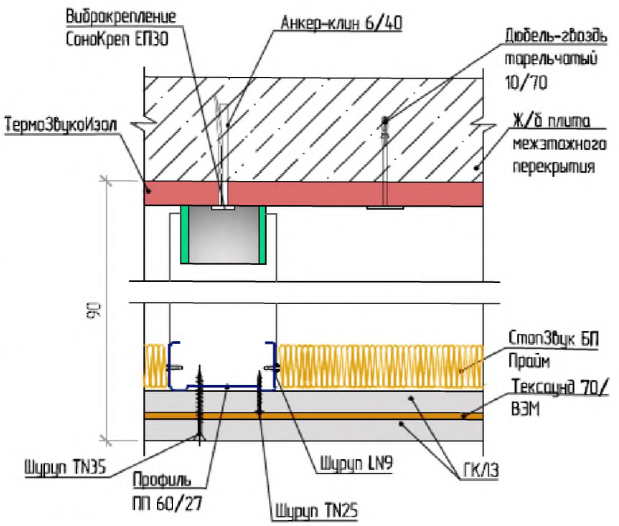


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

Звукоизолирующий потолок толщиной 90 мм, тип С-3.4 (на виброкреплениях СоноКреп Протектор ЕП30)

Rw=22 дБ

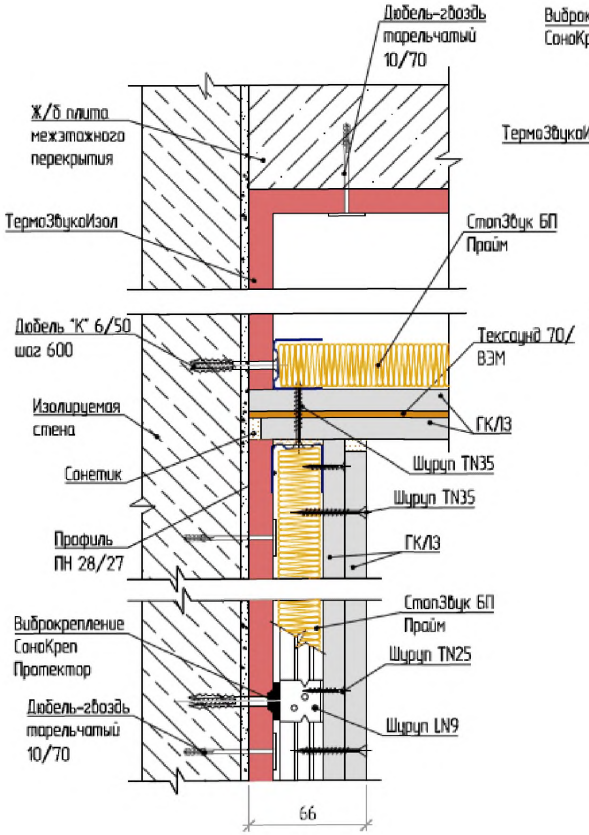
Типовые технические решения
звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков
в помещениях различного назначения



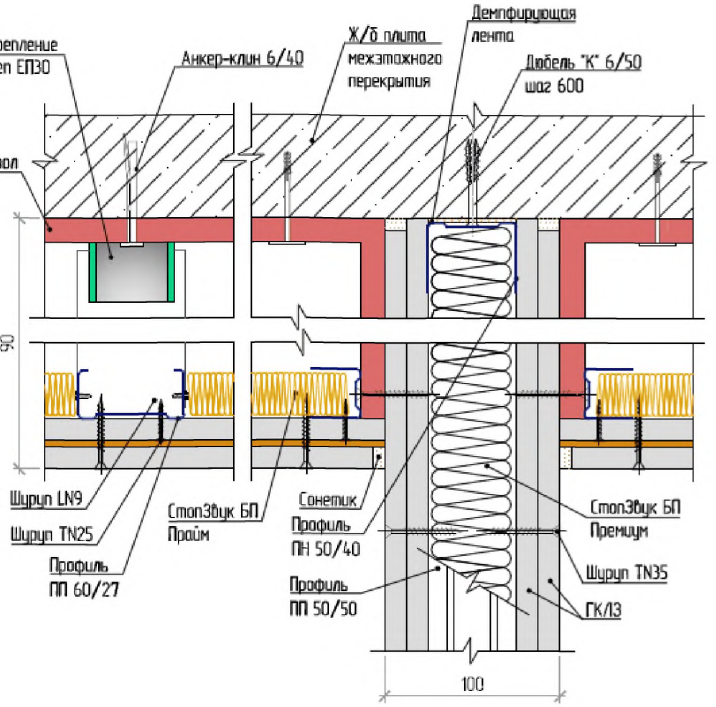
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.4	ЖБП140-ТЗИ-С3БПП-ГКЛ3-(ТС70/ВЗМ)-ГКЛ3	90	22

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Примыкание звукоизолирующей облицовки потолка к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Примыкание потолка к перегородке С 1.1

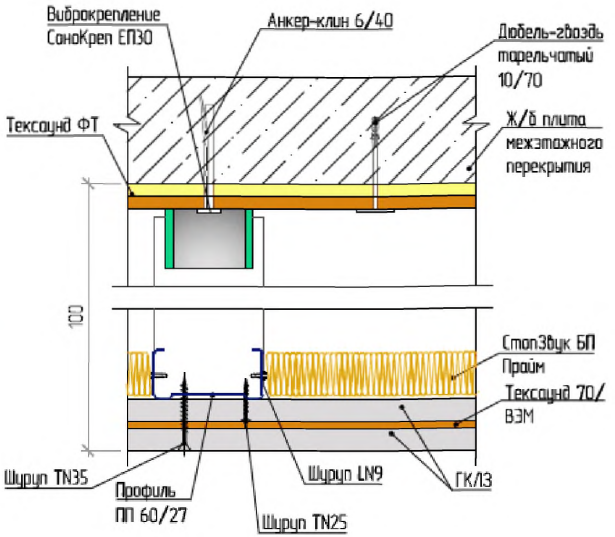


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

Звукоизолирующий потолок толщиной 100 мм, тип С-3.5 (на виброкреплениях СоноКреп Протектор ЕП30)

Rw=24 дБ

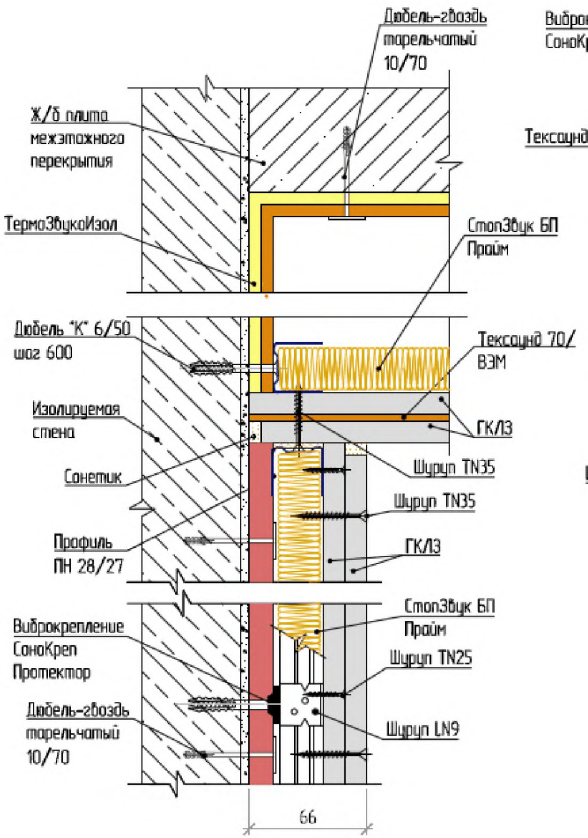
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения



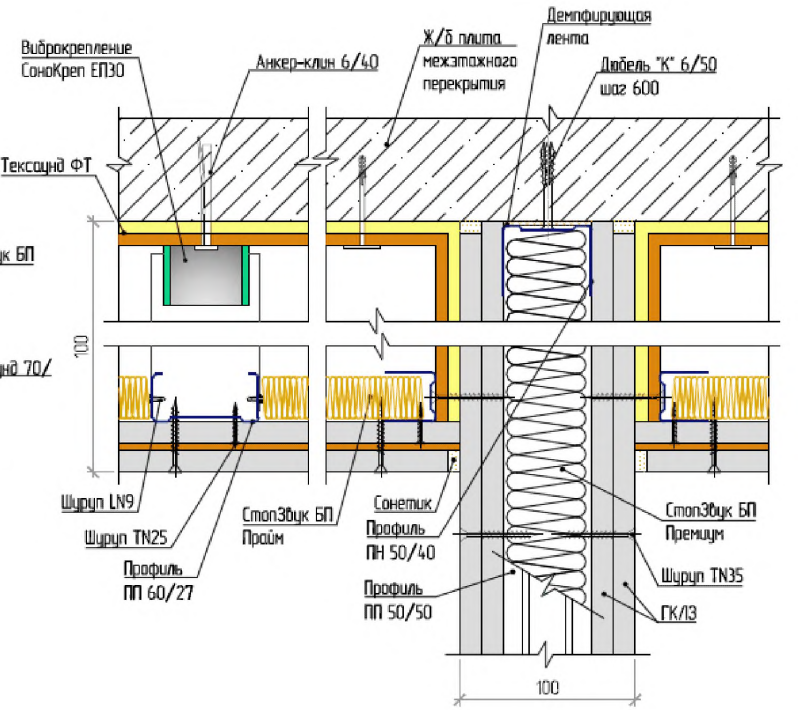
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.5	ЖБП140-ТСФТ-СЗБПП-ГКЛ13-(ТС70/ВЗМ)-ГКЛ13	100	24

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Примыкание звукоизолирующей облицовки потолка к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Примыкание потолка к перегородке С 1.1

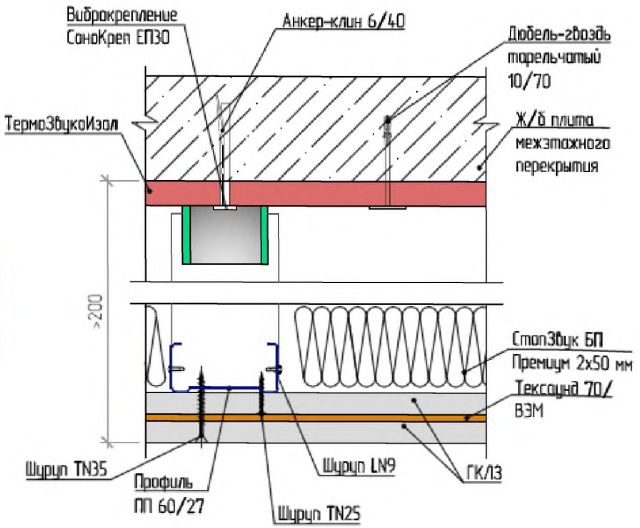


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

Звукоизолирующий потолок толщиной >200 мм, тип С-3.6 (на виброкреплениях СоноКреп Протектор ЕП30)

Rw=22 дБ

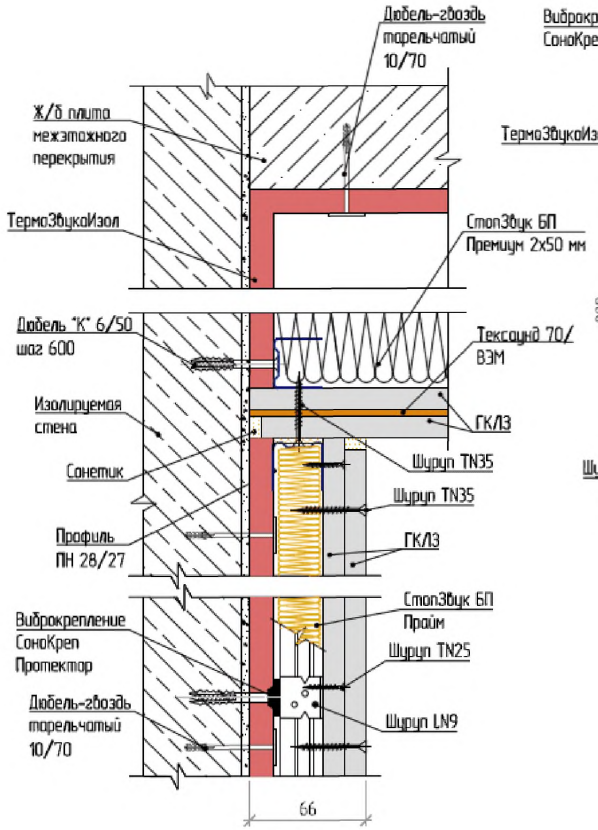
Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения



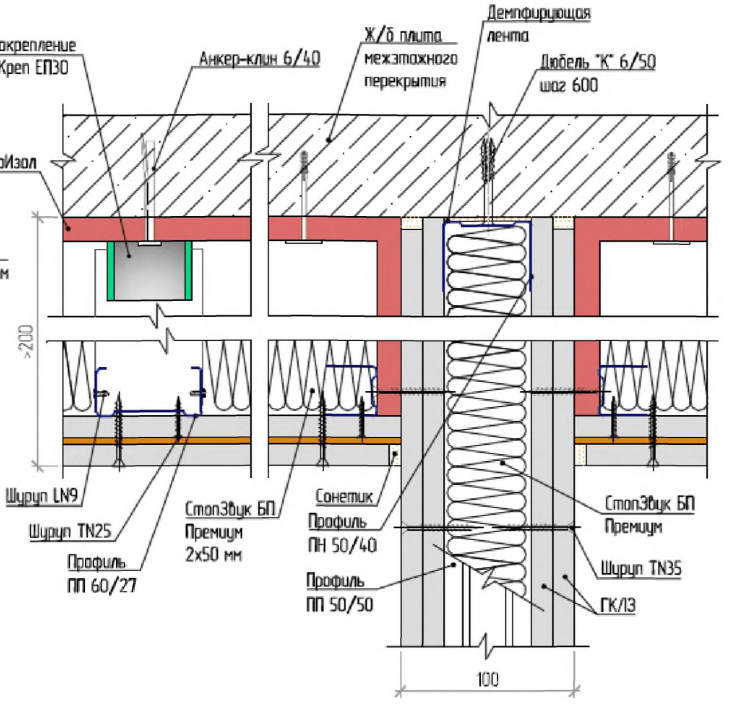
Тип конструкции	Формула сечения [1]	Толщина подвесного потолка (мм)	Rw (дБ)
С-3.6	ЖБП140-ТЗИ-2СЗБППремиум-ГКЛ13-(ТС70/ВЭМ)-ГКЛ13	>200	22

[1] Под "формулой сечения" понимается символическая запись комбинации слоев, из которых состоит подвесной потолок. Запись выполнена с помощью сокращенных названий слоев

Примыкание звукоизолирующей облицовки потолка к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1

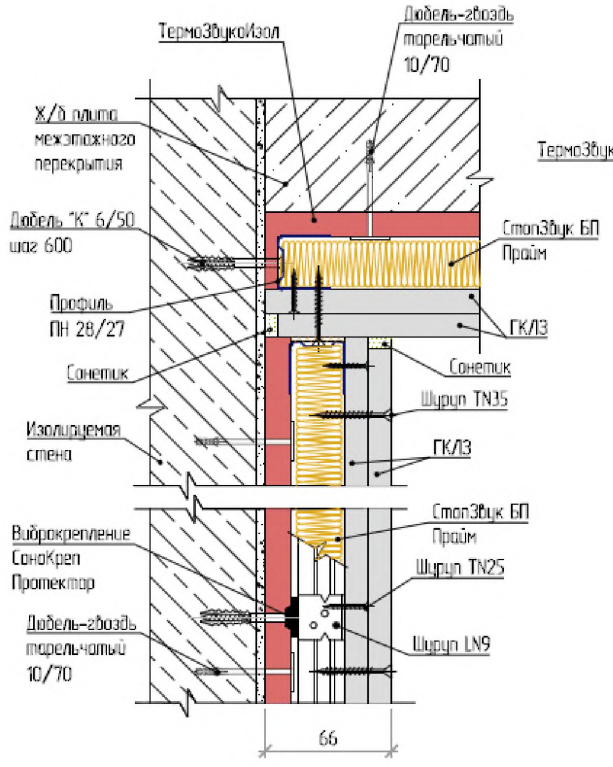


Примыкание потолка к перегородке С 1.1

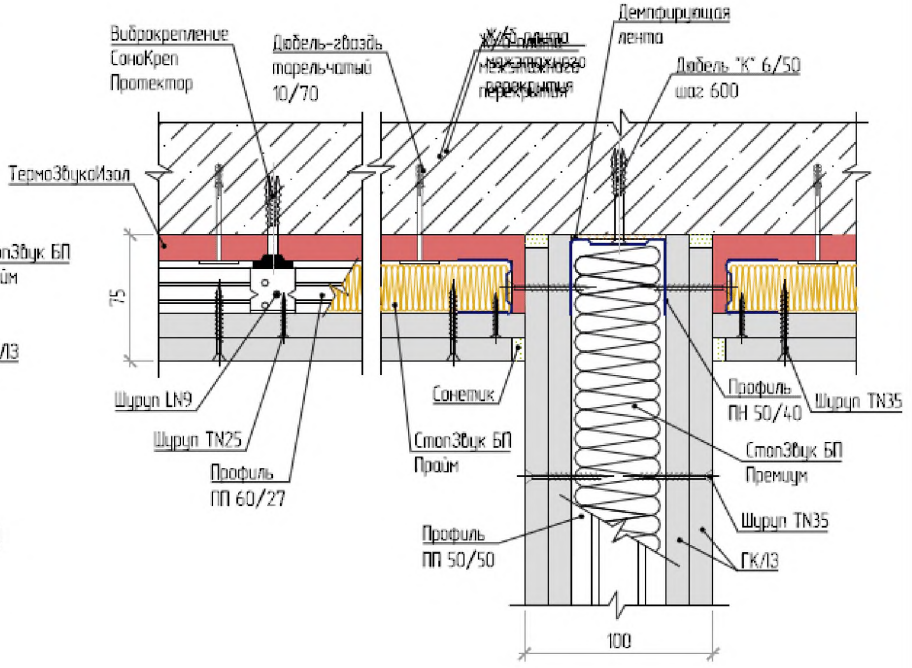


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

Примыкание звукоизолирующей облицовки потолка к звукоизолирующей облицовке стены С-2.1



Примыкание потолка к перегородке С 1.1



Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве подвесных потолков в помещениях различного назначения

15 Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий

15.1 Различные щели или отверстия, даже небольшие, стыки в местах примыкания строительных конструкций друг к другу заметно снижают звукоизоляцию ограждений. Вместе с тем избежать в процессе строительства образования трещин, щелей, отверстий совершенно невозможно. Тем более, что ряд отверстий в строительных ограждениях предусмотрен технологически. Это, например, отверстия в перекрытиях и стенах (перегородках) для пропуска труб холодного и горячего водоснабжения, канализационных труб, воздуховодов вентиляционных систем, мусоропроводов, лифтовых шахт и т.п.

Поэтому уже на стадии проектировании надо предусматривать такие конструкции стыков стен с другими стенами, перегородками, с перекрытиями, при которых во время эксплуатации здания не будут образовываться сквозные щели и отверстия.

15.2 Главный принцип устранения негативного влияния щелей, отверстий и т.п. на изоляцию воздушного шума – максимально возможная заделка щелей и отверстий плотными долговечными герметизирующими упругими материалами (например, безусадочным бетонным раствором, несохнущей замазкой, герметиком и др.); плотная набивка в щели и отверстия, особенно в местах прохода коммуникаций, рыхлого звукопоглощающего материала и др.

15.3 Трубы водяного отопления, водоснабжения и т.п. должны пропускаться через междуэтажные перекрытия в эластичных виброизолированных гильзах (из пористого полиэтилена и других упругих материалов), допускающих температурные перемещения и деформации труб без образования сквозных щелей. Для этого предусматривается установка в перекрытие металлической или полиэтиленовой трубы большего по сравнению со стояком диаметра. Зазор между трубой и стояком должен быть заполнен негорючим звукопоглощающим материалом и загерметизирован нетвердеющим термостойким силиконовым герметиком. Пример выполнения узла пропуска трубы стояка через перекрытие показан на рисунке 15.1.

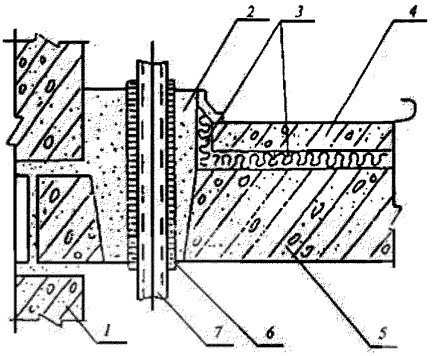


Рисунок 15.1 – Схема конструктивного решения узла пропуска стояка отопления через междуэтажное перекрытие:
1 – стена; *2* – безусадочный бетон или раствор; *3* – прокладка (слой) из звукоизоляционного материала; *4* – бетонное основание пола; *5* – несущая часть перекрытия; *6* – эластичная гильза; *7* – труба стояка отопления

Если здание является уже построенным и стояк проложен непосредственно через перекрытие, то необходимо расчистить и удалить поврежденный слой цементного раствора вокруг стояка. Затем рекомендуется обернуть стояк звукоизолирующим материалом (например, стеклохолстом) и зацементировать нарушенный участок пола или потолка. Излишки изолирующего материала обрезаются, а стык герметизируется силиконовым герметиком.

Пропуск труб водяного отопления, водоснабжения и т.п. через межквартирные стены не допускается.

Если стояки отопления или водоснабжения замоноличены в панелях внутренних стен, то для возможности соединения труб должны быть предусмотрены полости, которые после соединения труб заполняют безусадочным бетоном или раствором.

15.4 В случае установки труб стояков водоснабжения и канализации в вертикальных шахтах в них должны быть предусмотрены горизонтальные диафрагмы на уровне каждого междуэтажного перекрытия, препятствующие распространению шума по вертикали.

Пересечение трубами перекрытий с плавающим полом не должно создавать жесткой связи между полом и несущей частью перекрытия. Схема возможного решения места пропуска стояка через перекрытие показана на рисунке 15.2.

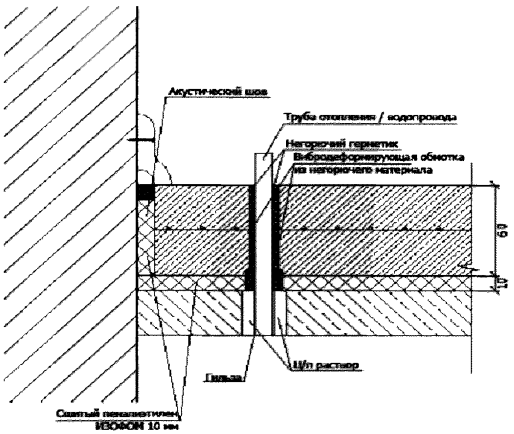


Рисунок 15.2 – Узел прохода труб коммуникаций через перекрытие с конструкцией плавающего пола

15.5 Перед радиаторами водяного отопления на расстоянии не более 5 см должны устанавливаться щиты–экраны из древесно–стружечных и т.п. плит размерами несколько бóльшими, чем размеры радиатора.

15.6 Скрытая электропроводка в межквартирных стенах и перегородках должна располагаться в отдельных для каждой квартиры каналах или штрабах. Полости для установки распаячных коробок и штепсельных розеток должны быть несквозными. Если образование сквозных отверстий обусловлено технологией производства элементов стены, указанные приборы должны устанавливаться в них только с одной стороны. Свободная часть полости должна быть заполнена минеральной ватой или другим мягким звукопоглощающим материалом и заделана гипсовой шпаклевкой или безусадочным бетонным раствором слоем толщиной не менее 40 мм.

15.7 В межкомнатных стенах из железобетона толщиной 120 мм и более допускается двухсторонняя установка распаячных коробок, штепсельных розеток и

выключателей в сквозных отверстиях, свободные полости которых должны быть заполнены звукопоглощающим материалом.

15.8 В межкомнатных перегородках из гипсовых плит или плит из легкого бетона установка распаячных коробок и штепсельных розеток должна производится только в несквозных полостях. При каркасно–обшивных перегородках следует использовать штепсельные розетки и выключатели, при установке которых не требуется вырезание отверстий в листах обшивок.

15.9 При расположении скрытой электропроводки в каналах несущих плит перекрытия полости для перехода проводов из перекрытия в стену должны быть замкнутыми. Если образование сквозной полости в плите перекрытия обусловлено технологией ее изготовления, то необходимо предусмотреть ее заделку, устраняющую пути прохождения звука в горизонтальном и вертикальном направлении.

15,10 Вывод провода из перекрытия к потолочному светильнику следует предусматривать в несквозной полости. Если образование сквозного отверстия обусловлено технологией изготовления плиты перекрытия, то отверстие должно состоять из двух частей. Верхняя часть большего диаметра должна быть заделана безусадочным раствором, нижняя – заполнена звукопоглощающим материалом (например, супертонким стекловолокном) и прикрыта со стороны потолка слоем раствора или плотной декоративной крышкой.

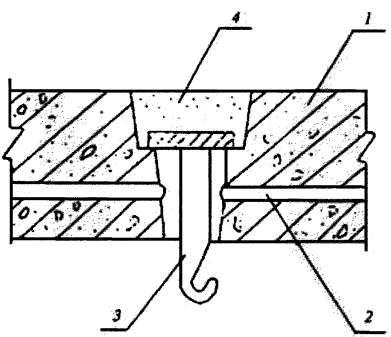


Рисунок 15.3 – Схема конструктивного решения выпуска провода из перекрытия к поточному светильнику (перекрытие со сквозным отверстием):

1 – панель перекрытия; *2* – электроканал; *3* – крюк (приварен к круглой стальной пластине); *4* – раствор (заделка нижней части отверстия условно не показана)

15.11 Оборудование санитарного узла (ванна, унитаз, смывной бочок, умывальник, трубы водоснабжения, канализации) не должно иметь жестких связей с межквартирной стеной, к которой примыкает жилая комната соседней квартиры. При невозможности выполнения этого условия следует сооружать дополнительную стенку между санитарным узлом и межквартирной стеной, при этом расстояние между этой стеной и дополнительной стенкой должно быть не менее 2 см. Схема пропуска труб коммуникаций через перекрытия санитарных узлов показана на рисунке 15.4.

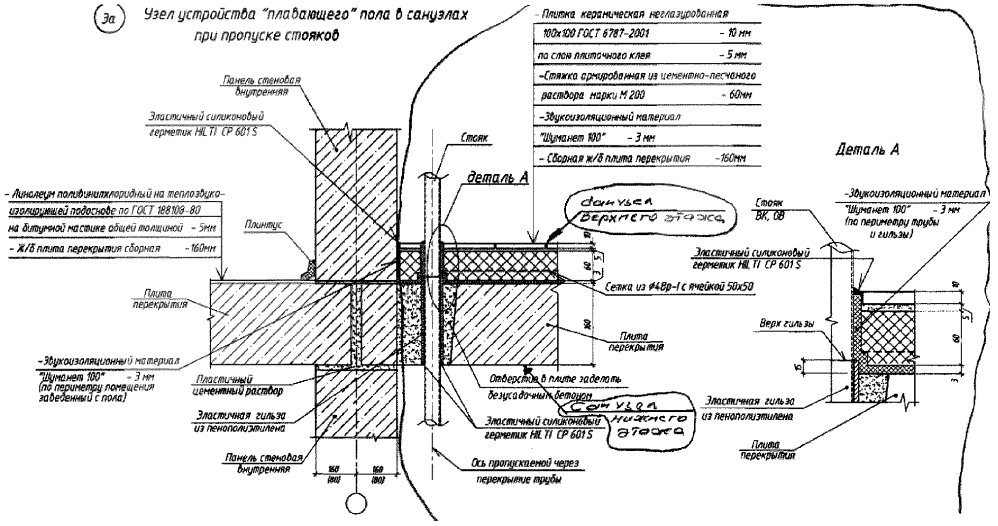


Рисунок 15.4 – Пропуск труб коммуникаций через перекрытие в санитарном узле

15.12 Конструкция вентиляционных блоков должна обеспечивать целостность стенок (отсутствие в них сквозных каверн, трещин), разделяющих каналы. Горизонтальный стык вентиляционных блоков должен исключать возможность проникновения шума по неплотностям из одного канала в другой.

Вентиляционные отверстия смежных по вертикали квартир должны сообщаться между собой через сборный и попутный каналы не ближе, чем через этаж.

15.13 При проектировании лифтов необходимо предусматривать меры по защите жилых помещений от структурного шума, возникающего при работе лебедки с редуктором в машинном отделении лифтов.

Все лифтовые шахты должны быть отделены от других конструкций зданий акустическим швом шириной 40–50 мм.

15.14 Ствол мусоропровода должен быть звукоизолированным и не должен примыкать к жилым комнатам.

15.15 Запрещается размещать индивидуальные тепловые пункты и насосные в смежных с жилыми комнатами помещениях (по вертикали и горизонтали).

15.16 Холодильные машины, циркуляционные насосы систем холодоснабжения следует размещать, как правило, на подземных технических этажах зданий. В отдельных случаях возможна установка указанного оборудования на кровлях, открытых площадках зданий, но при условии, что под ними располагается технический этаж или предусмотрена надежная виброизоляция, исключающая передачу повышенного структурного шума в защищаемые от него помещения на верхних этажах.

15.17 При строительстве зданий следует обращать особое внимание на надежность заделки стыков. Вертикальные и горизонтальные швы следует уплотнять акриловым или силиконовым герметиком, или конопатить с последующей обязательной заделкой раствором (гипсовой шпаклевкой).

На несущую часть перекрытий стены и перегородки надо устанавливать по сплошному слою раствора.

15.18 Для устранения стыков несущие элементы междуэтажных перекрытий следует заводить во внутренние капитальные или наружные стены на глубину не менее 50 мм. При невозможности такого решения и при свободном примыкании перекрытий к стенам следует предусматривать заделку стыков раствором или бетоном. В случае возможного в процессе эксплуатации здания некоторого смещения строительных конструкций под воздействием нагрузки, температурных деформаций стыки следует проектировать с применением герметизирующих материалов (уплотняющих прокладок, шнуров из гернита, пороизола и т.п.). При этом размеры полости стыка в местах, где располагается герметизирующий материал, выбирают так, чтобы уплотняющий шнур или прокладки заходили в эти полости с трудом, чтобы обеспечить обжатие уплотняющего шнура на 3 –50%, а прокладок на 40–80%. После установки уплотняющего шнура и прокладок они должны быть покрыты слоем раствора или бетона.

15.19 При проектировании полостей и зазоров в местах стыков следует учитывать, что сборные строительные элементы при изготовлении и монтаже могут

иметь неблагоприятное сочетание допусков на их размеры. Поэтому размеры полостей и зазоров следует выбирать, исходя из самого неблагоприятного случая.

15.20 Особое внимание надо обращать на швы и стыки наружных панелей зданий, предусматривая конструктивные меры, препятствующие раскрытию сквозных трещин под воздействием растягивающих напряжений в элементах здания.

Сопрягаемые поверхности сборных элементов должны образовывать в стыке полость, поперечные размеры которой обеспечивают плотное заполнение ее монтажным бетоном или раствором на всю высоту элемента. При этом соединительные детали, выпуски арматуры не должны препятствовать заполнению полости стыка монтажным бетоном или раствором.

15.21 Ненесущие элементы однослойных или двойных перегородок, опирающиеся на несущие конструкции перекрытия, должны устанавливаться на выравнивающий слой из цементно–песчаного раствора. В местах примыкания перегородок к потолку должно предусматриваться применение герметизирующего материала. Примыкание перегородок к стенам или к другим перегородкам должно производиться также с применением герметиков.

15.22 Сопряжение внутренних стен и перегородок с наружными стенами должно выполняться с помощью заведения элементов внутренней стены или перегородки в пазы или стыки между элементами наружной стены. Все места сопряжения должны быть замоноличены безусадочным бетоном, исключающим образование трещин.

При свободном примыкании элементов внутренних стен и перегородок к наружным стенам стыки должны быть тщательно заделаны герметиком.

15.23 Стык между элементами сборного междуэтажного перекрытия следует замоноличевать, что исключает образование трещин, либо в противном случае располагать в нем уплотняющие прокладки из герметизирующих материалов. В местах примыкания двойных стен к перекрытию между элементами двойных стен не должны образовываться звуковые мостики, которые значительно снижают звукоизоляцию. Поэтому в местах стыковки двойных стен с перекрытиями между стенами надо располагать звукоизоляционные прокладки.

15.24 В местах примыкания гибкой стенки на относе к основной стене щели между гибкой стенкой и потолком, полом, и соседними стенами (перегородками)

должны быть заделаны звукоизоляционным материалом или герметиком, оклеены тканью и зашпаклеваны.

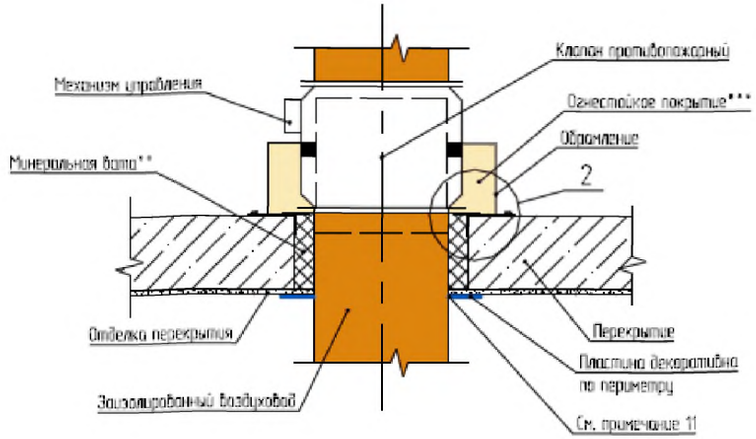
15.25 Стыки между несущими элементами стен и опирающимися на них перекрытиями следует проектировать с заполнением раствором или бетоном. Если в результате нагрузок или других воздействий возможно раскрытие швов, при проектировании должны быть предусмотрены меры, не допускающие образования в стыках сквозных трещин.

15.26 Стыки между несущими элементами внутренних стен проектируются, как правило, с заполнением раствором или бетоном. Сопрягаемые поверхности стыкуемых элементов должны образовывать полость (колодец), поперечные размеры которого обеспечивают возможность плотного заполнения ее монтажным бетоном или раствором на всю высоту элемента. Необходимо предусмотреть меры, ограничивающие взаимное перемещение стыкуемых элементов (устройство шпонок, сварка закладных деталей и т.д.). Соединительные детали, выпуски арматуры и т.п. не должны препятствовать заполнению полости стыка бетоном или раствором. Заполнение стыков рекомендуется производить безусадочным (расширяющимся) бетоном или раствором.

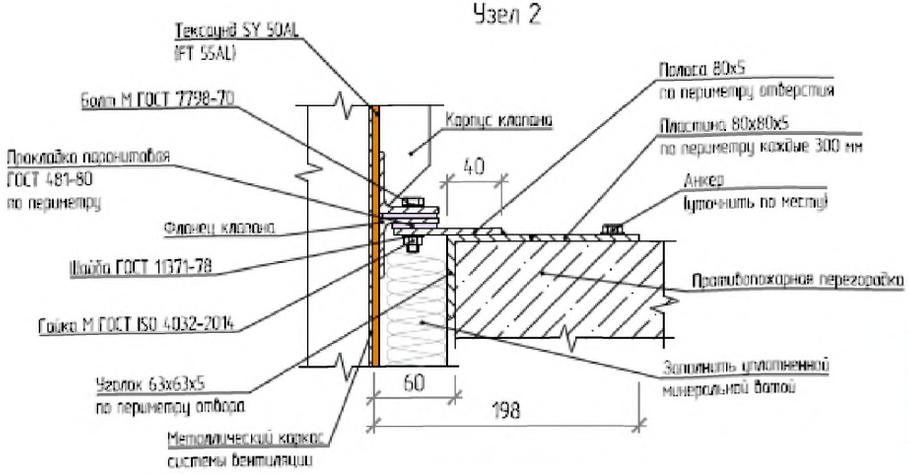
15.27 При сдаче в эксплуатацию жилых, общественных, промышленных зданий и сооружений (новое строительство, реконструкция, капитальный ремонт) следует обращать особое внимание на исследование звукоизоляции ограждающих конструкций от воздушного и ударного шума, в т.ч. от шума инженерного и санитарно–технического оборудования.

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий (чертежи)

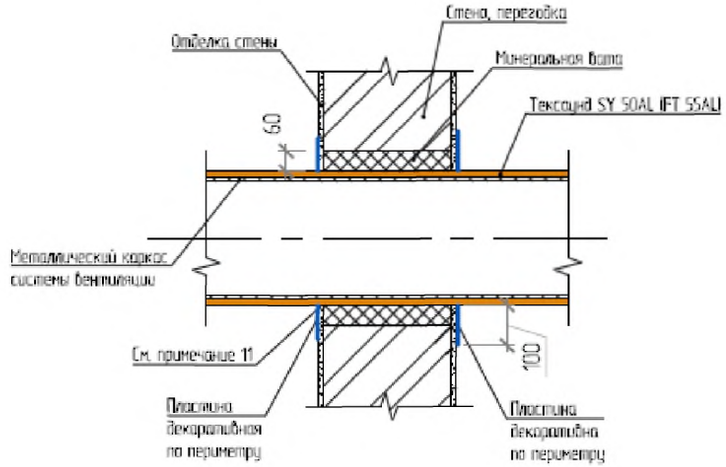
Узел прохода воздуховода через противопожарное перекрытие



Узел 2

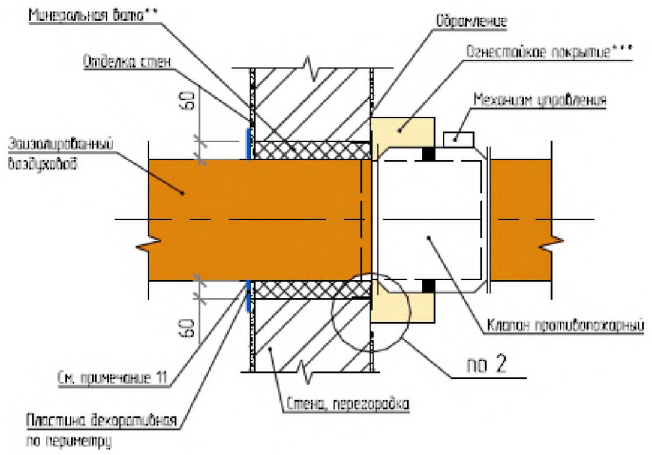


Узел прохода воздуховода через стену, перегородку

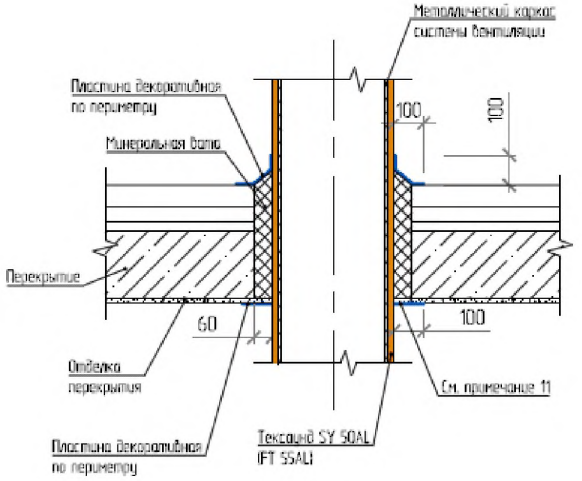


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий

Узел прохода воздуховода через противопожарную стену, перегородку (Вариант 2)

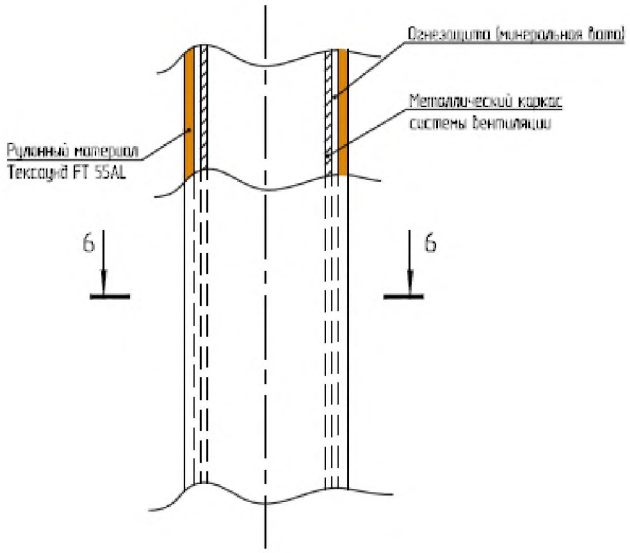


Узел прохода воздуховода через перекрытие

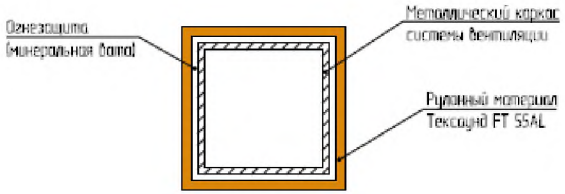


Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий

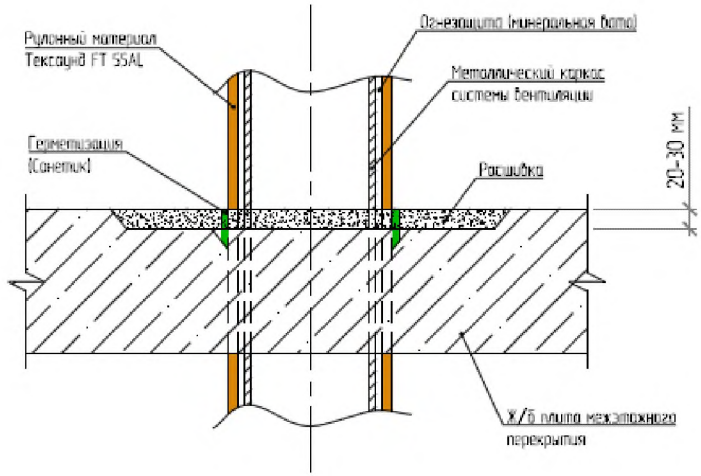
Изоляция воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования рулонным материалом Тексаунд FT 55AL



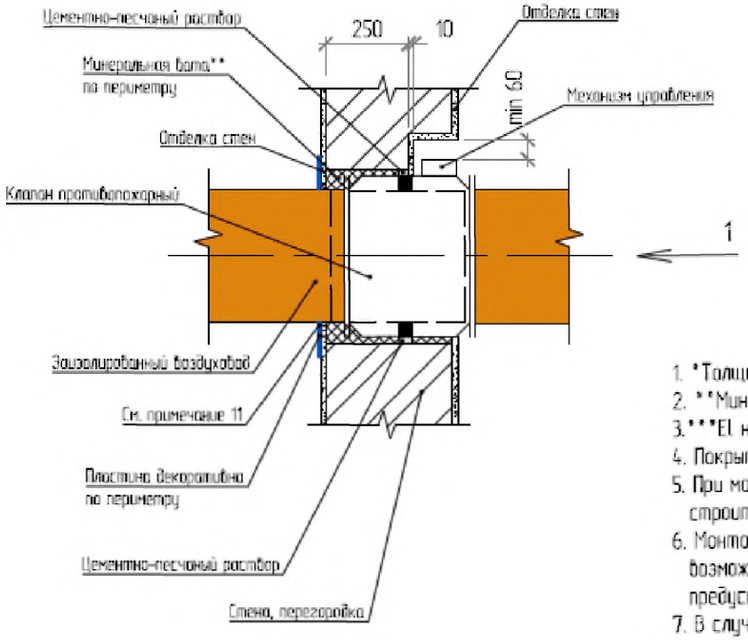
Разрез 6 - 6



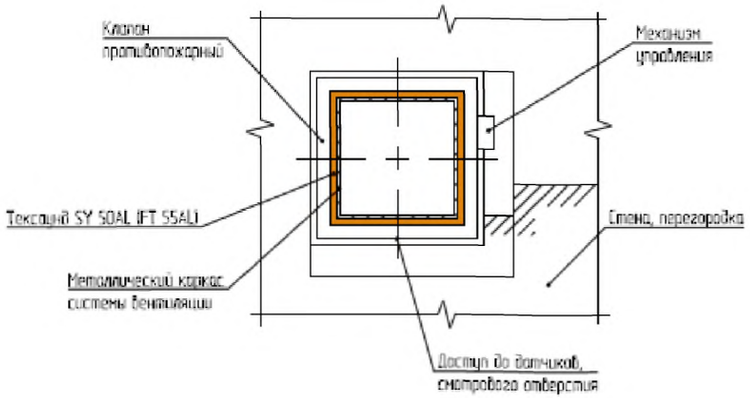
Узел примыкания воздуховодов систем вентиляции к плите перекрытия



Узел прохода воздуховода через
противопожарную стену, перегородку
(Вариант 1)



Вид 1



1. *Толщина стены должна обеспечивать EI не меньше, чем в клапане.
2. **Минеральную вату уплотнить.
3. ***EI не меньше EI противопожарного крана.
4. Покрытие воздуховода предусмотрено, условно не показано.
5. При монтаже клапана обеспечить минимальное расстояние 60 мм по периметру от примыкающих строительных конструкций.
6. Монтаж клапана, нанесение огнестойкого покрытия осуществлять так, чтобы обеспечить возможность доступа для осмотра и проверки клапана через смотровое отверстие, предусмотренное в его конструкции.
7. В случае отсутствия отверстия в конструкции клапана устроить смотровой лючок в воздуховоде.
8. Клапан устанавливать согласно рекомендациям, что указаны в технической документации на него, в случае, если они отличные от данных решений.
9. Металлические части креплений клапанов перед закладкой огрунтовать антикоррозионным покрытием.
10. Уплотнение между фланцами условно не показано.
11. При переходе воздуховода через строительные конструкции оставить щель 5 мм (для дальнейшей герметизации) по периметру между воздухопроводом и отделкой конструкции.
12. Строительные конструкции показаны условно.

Типовые технические решения звуковиброизоляции при устройстве мест прохода коммуникаций через ограждающие конструкции зданий

Приложение А

НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО И УДАРНОГО ШУМА ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ЗДАНИЙ

(выписка из СП 51.13330.2011«СНиП 23–03–2003 Защита от шума»)

Таблица А.1– Нормативные требования к звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций зданий

Наименование и расположение ограждающей Конструкции	Нормативный индекс изоляции воздушного шума R_w дБ	Нормативный индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ
Жилые здания		
1 Перекрытия между помещениями квартир и перекрытия, отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений	52	60
2 Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами	55	60
3 Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях	45	63
4 Перекрытия между жилыми помещениями Общежитий	50	60
5 Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами	57	63**
6 Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами	52	63
7 Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и офисами; между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	52	–
8 Стены между помещениями квартир и ма–газинами	55	–
9 Стены и перегородки, отделяющие помещения квартир от ресторанов, кафе, спортивных залов	57	–
10 Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	43	–
11 Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	
12 Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	–
13 Входные двери квартир, выходящие на лестничные клетки, в вестибюли и коридоры:	32	–
Гостиницы		
14 Перекрытия между номерами: – в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды – в гостиницах, имеющих по международной классификации три звезды – в гостиницах, имеющих по международной классификации менее трех звезд	53 51 50	55 58 60
15 Перекрытия, отделяющие номера от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты):		

– в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды	53	55
– в гостиницах, имеющих по международной классификации три звезды и менее	51	58
16 Перекрытия, отделяющие номера от помещений ресторанов, кафе:		
– в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды	60	58
– в гостиницах имеющих по международной классификации три звезды и менее	57	60
17 Стены и перегородки между номерами:		
– в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды	53	–
– в гостиницах, имеющих по международной классификации три звезды	51	–
– в гостиницах, имеющих по международной классификации менее трех звезд	50	–
18 Стены и перегородки, отделяющие номера от помещений общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, холлы, буфеты):		
– в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды	53	–
– в гостиницах, имеющих по международной классификации три звезды и менее	51	–
19 Стены и перегородки, отделяющие номера от ресторанов, кафе:		
– в гостиницах, имеющих по международной классификации пять и четыре звезды	60	–
– в гостиницах, имеющих по международной классификации три звезды и менее	57	–
Административные здания, офисы		
20 Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы):	45	63
21 Стены и перегородки между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат	45	–
22 Стены и перегородки между офисами, между кабинетами различных фирм	48	–
Больницы и санатории		
23 Перекрытия между палатами, кабинетами врачей	48	60
24 Перекрытия между операционными и отделяющие операционные от палат и кабинетов	54	60
25 Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	50	63
26 Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от столовых, кухонь	54	63
27 Стены и перегородки между палатами, кабинетами врачей	48	–
28 Стены и перегородки между операционными и отделяющие операционные от других помещений.	54	–
Учебные заведения		
29 Перекрытия между классами, кабинетами, аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы)	47	63
30 Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	55	58
31 Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	57	55

32 Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	48	–
33 Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	55	–
34 Стены и перегородки между музыкальными классами высших учебных заведений	57	–
Детские дошкольные учреждения		
35 Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	47	63
36 Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	63
37 Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами	47	–
38 Стены и перегородки, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	52	–
* Требования относятся также к передаче ударного шума в защищаемое от шума помещение при ударном воздействии на пол лестничной площадки и лестничный марш в помещении лестничной клетки (в том числе и находящейся на том же этаже). ** При использовании в указанных помещениях громкой музыки необходимо выполнение акустического расчета требуемой звукоизоляции.		

Таблица А.2 – Нормативные индексы приведенного уровня ударного шума (для перекрытия нижнего помещения) при передаче звука снизу вверх

Наименование и расположение ограждающей конструкции	L_{nw}, дБ
1 Перекрытия между магазинами и расположенными над ними квартирами	43
2 Перекрытия между продовольственными магазинами, магазинами, работающими круглосуточно, и расположенными над ними квартирами	38
3 Перекрытия между магазинами и расположенными над ними жилыми помещениями общежитий	45
4 Перекрытия между продовольственными магазинами, магазинами, работающими круглосуточно, и расположенными над ними жилыми помещениями общежитий	41
5 Перекрытия между ресторанами, кафе, спортивными залами и расположенными над ними помещениями квартиры	38
6 Перекрытия между административными помещениями, офисами и расположенными над ними помещениями квартиры	45
7 Перекрытия, отделяющие помещения общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты) от номеров гостиниц:	
гостиницы категорий «четыре звезды» и пять звезд»	43
гостиницы категорий «три звезды» и ниже»	45
8 Перекрытия, отделяющие помещения ресторанов, кафе от номеров гостиниц:	
гостиницы категорий «четыре звезды» и пять звезд»	38
гостиницы категорий «три звезды» и ниже»	41
9 Перекрытия, отделяющие помещения общего пользования (вестибюли, холлы) от палат, кабинетов врачей	43
10 Перекрытия, отделяющие столовые, кухни от кабинетов врачей	43
11 Перекрытия, отделяющие кухни от групповых комнат, спален	43

Приложение Б

ПЕРЕЧЕНЬ АКУСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НОРМАТИВНОЙ ЗВУКОВИБРОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ТИПОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Б.1 Акустические материалы – это строительные изделия, изготовляемые в виде плит, листов, матов, рулонов, панелей или других изделий, предназначенные для обеспечения надлежащей звукоизоляции и звукопоглощения помещений жилых, общественных и промышленных зданий и создания в них акустических условий, требуемых нормами и правилами в соответствии с назначением помещений. Акустические материалы, помимо надлежащих акустических параметров должны удовлетворять требованиям к прочности, термо-, влаго-, биостойкости, паропроницаемости, антитоксичности, гигиеничности, пожарной безопасности и др.

Б.2 Акустические материалы делятся на две группы – конструкционные твердые (жесткие) материалы, необходимые для обеспечения звукоизоляции; мягкие (рыхлые) материалы, необходимые для звукопоглощения и дополнительного улучшения звукоизоляции.

Б.3 Одними из наиболее часто применяемых в строительстве зданий конструкционных материалов для устройства перекрытий и стен являются бетон и железобетон. По объемной плотности бетоны подразделяются на:

- тяжелые ($\gamma = 2200 - 2500$ кг/м^3),
- облегченные ($\gamma = 1800 - 2200$ кг/м^3),
- легкие ($\gamma = 500 - 1800$ кг/м^3),
- особо легкие ($\gamma < 500$ кг/м^3).

Железобетон является композиционным строительным материалом, состоящим из бетона и стали. Бетон и железобетон отличаются высокой сопротивляемостью статическим и динамическим нагрузкам, технологичностью при монтаже, пожаростойкостью, химической и биологической устойчивостью, долговечностью, имеют хорошую звукоизолирующую способность. Недостатком бетона (железобе-

тона) с акустической точки зрения является его незначительная звукопоглощающая способность.

Наряду с тяжелыми и облегченными видами бетона и железобетона в настоящее время в строительной практике получили определенное применение легкие ячеистые бетоны, в частности, пенобетон и газобетон.Пенобетон и газобетон – это ячеистые бетоны, имеющие пористую структуру. Объемная плотность пенобетона 400–1200 кг/м^3, газобетона – 400–800 кг/м^3. Условно считается, что пенобетон (газобетон) плотностью до 600 кг/м^3 – это теплоизоляционный материал, прочностью 600–800 кг/м^3 – конструкционно–теплоизоляционный, а выше 800 кг/м^3 конструкционный. К недостаткам пено- и газобетона относятся низкая механическая прочность, значительная усадка, невысокая морозостойкость, повышенная влагопроницаемость, панели из пено-газобетона практически не работают на изгиб.

Б.4 Для сооружения стен зданий применяют кирпичную кладку из керамических или силикатных кирпичей, обладающую хорошей звукоизоляцией.

Силикатные кирпичи имеют более высокую прочность, большую морозостойкость, но отличаются более низкой влагоустойчивостью по сравнению с керамическими кирпичами.

Б.5 Для изготовления каркаса в каркаснообшивных конструкциях, для сооружения подвесных потолков и в других случаях применяют сталь, алюминий или их сплавы, значительно реже другие металлы.

Толщина применяемых стальных листов обычно составляет 0,5 –1 мм. Для предупреждения коррозии стальные поверхности покрывают полихлорвиниловыми пастами, порошками, эмалевыми красками или подвергают цинкованию. В частности, могут быть применены покрытия из полиэстера, пластизола, пурала и др.

Алюминий – легкий металл, конструкции из него легкие, прочные, надежны в эксплуатации. Для защиты от коррозии алюминиевые листы обычно анодируют или покрывают эмалевыми красками.

Металлические листы используются также для изготовления сэндвич–панелей, которые представляют собой два параллельно расположенных металлических листа толщиной 0,5–2мм, между которыми помещается звукопоглощающий материал. Один из металлических листов может быть перфорированным.

Б.6 При сооружении зданий, особенно деревянных домов применяют изделия из древесины, клееной фанеры и клееных конструкций. Используются различные породы древесины, но так как древесина большинства пород деревьев быстро разрушается под воздействием влаги и подвержена гниению, то древесину надо пропитывать специальными предохраняющими и противогнилостными составами.

Большим недостатком деревянных экранов является повышенная опасность возгорания и пожар.а. Так как древесину при изготовлении экрана подвергают пропитке различными защитными составами, то дым и газы, образующиеся при горении такой древесины, являются ядовитыми. Зола от ее сжигания, которая также является ядовитой, может попадать в окружающую почву и воду.

Деревянные изделия обладают склонностью к усадке и деформации при высыхании, и могут образовывать открытые трещины и щели между соседними досками, особенно, если они должным образом не были высушены перед обработкой. Чтобы предотвратить образование промежутков между досками при высыхании или деформации, в рабочем проекте для деревянных панелей должны предусматриваться более глубокие выступы и пазы, чем для конструкций внутри зданий.

Б.7 Преимущества применения пластмасс заключаются в том, что при отливке из них можно формовать сложные профили, вносить различные добавки, которые меняют свойства и цвет панелей, делают их более устойчивыми к воздействию ультрафиолетовых лучей. Положительной чертой пластмасс является также их относительно небольшой вес, что облегчает монтажные работы.

Недостатками применения пластмасс является их повышенная пожароопасность, при горении пластмасс, как правило, выделяются ядовитые газы, а после остается ядовитая зола. Отдельные виды пластмасс могут иметь значительную усадку, образовывать открытые трещины между панелями, быть восприимчивыми к ускоренной ползучести и деформации.

Б.8 В строительстве находят применение композиты, состоящие из двух и более первичных материалов с разными физическими и химическими свойствами, при этом новый материал, отдельные свойства которого могут отсутствуют у составляющих компонентов.

Композиты позволяют создавать облегченные конструкции с достаточно хорошими прочностными, звукоизоляционными и звукопоглощающими свойствами.

Полимерные композиты устойчивы по отношению к коррозии, имеют ровную и плотную поверхность, надежны и долговечны.

В то же время композиты имеют ряд недостатков. Например, из–за различия коэффициентов линейного расширения входящих в состав композита материалов при неудачном их подборе могут образовываться открытые трещины на стыках панелей или происходить расслаивание композита.

Б.9 Основными параметрами акустических материалов первой группы, необходимыми для расчета звукоизоляции строительных конструкций, являются объемная плотность γ, кг/м^2; динамический модуль упругости $E_д$, Па; коэффициент внутренних потерь η. Установлено, что чем больше γ и η , тем выше звукоизоляция ограждения. Для $E_д$ картина обратная: чем меньше $E_д$, тем выше граничная частота ограждения, что способствует в целом повышению звукоизоляции ограждения; однако уменьшение $E_д$ приводит к снижению прочности конструкции, поэтому при выборе материала с оптимальным динамическим модулем упругости приходится учитывать одновременно оба этих фактора и искать компромисс.

Для некоторых звукоизоляционных материалов указанные параметры приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Некоторые характеристики конструкционных материалов

Материал	**Объемная плотность γ, кг/м^2**	**Динамический модуль упругости $E_д$, Па**	**Коэффициент внутренних потерь η**
Бетон	2300 – 2500	$2{,}3\cdot10^{10}$	$2{,}4\cdot10^{-2}$
Газобетон	500	$1{,}3\cdot10^{9}$	$2\cdot10^{-2}$
Кладка из глиняного кирпича на цементно–песчаном растворе	1800	$3\cdot10^{9}$	10^{-2}
Гипс штукатурный	1200	$7{,}5\cdot10^{9}$	$1{,}4\cdot10^{-2}$
Гипсокартонный лист	720	$2\cdot10^{9}$	$1{,}2\cdot10^{-2}$
Твердая ДСП	900	$4\cdot10^{9}$	$8\cdot10^{-2}$
Мягкая ДСП	650	$3\cdot10^{9}$	$9{,}2\cdot10^{-2}$
Бакелированная фанера	1050	$5{,}4\cdot10^{9}$	$1{,}6\cdot10^{-2}$
Березовая фанера	800	$3{,}4\cdot10^{9}$	$2{,}3\cdot10^{-2}$
Сталь	7800	$2{,}1\cdot10^{11}$	$1{,}0\cdot10^{-4}$
Алюминиевые сплавы	2800	$7{,}0\cdot10^{10}$	$4{,}0\cdot10^{-4}$
Силикатное стекло	2500	$6{,}7\cdot10^{10}$	$3{,}0\cdot10^{-3}$
Органическое стекло	1200	$4{,}3\cdot10^{9}$	$2{,}5\cdot10^{-2}$
Стеклопластик	1750	$1{,}8\cdot10^{10}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$
Бакелированная фанера	1050	$5{,}4\cdot10^{9}$	$1{,}6\cdot10^{-2}$
Березовая фанера	800	$3{,}4\cdot10^{9}$	$2{,}3\cdot10^{-2}$
Поливинилхлоридный линолеум	1600	$2{,}0\cdot10^{8}$	0,15
Изол (битум с резиновой крошкой)	1200	$5{,}0\cdot10^{8}$	0,24
Твердая резина	1200	$8{,}0\cdot10^{6}$	0,20
Пробковые плиты	240	$5{,}2\cdot10^{6}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$

Б.10 Для материалов второй группы, применяемых для целей звукопоглощения, основной параметр – коэффициент звукопоглощения α, который находится в пределах от 0 до 1; чем выше α, тем лучше звукопоглощие свойства материала.

Звукопоглощающие материалы бывают волокнистые, зернистые, ячеистые и делятся по степени своей жесткости на твердые, полужесткие и мягкие.

Твердые звукопоглощающие материалы имеют объемную плотность порядка 300–400 кг/м^3 и средний коэффициент звукопоглощения порядка 0,5. Эти материалы производят на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты. К этой группе относятся также материалы, в состав которых входят пористые заполнители – вермикулит, пемза, вспученный перлит и др.

К группе полужестких звукопоглощающих материалов относятся минераловатные или стекловолокнистые плиты с объемной плотностью 80–130 кг/м^3 и коэффициентом звукопоглощения 0,5–0,8. Сюда же входят материалы типа пенополистирола, пенополиуретана и т.п.

Мягкие звукопоглощающие материалы производятся на основе минеральной ваты, стекловолокна, каменной ваты, войлока и др. и выпускаются в виде матов или рулонов с объемной плотностью до 70 кг/м^3 и коэффициентом звукопоглощения 0,7–0,95.

Б.11 Типичным представителем группы мягких звукопоглощающих материалов является минеральная вата, которая представляет собой волокнистый материал, имеющий структуру ваты и изготавливаемый из расплава горной породы, металлургических шлаков и их смесей. Волокна, хаотично расположенные под различными углами друг к другу, обеспечивают хорошее звукопоглощение.

Преимуществами минеральной ваты являются пожаробезопасность, химическая инертность, отсутствие коррозии контактирующих с ней металлов, устойчивость по отношению к агрессивным веществам, негигроскопичность, долговечность.

Плотность минваты 35–200 кг/м^3. Минеральную вату выпускают в виде плит и матов. В зависимости от плотности выделяют несколько марок минеральной ваты:

– минвата марки П–75 (плотность 75 кг/м^3), применяется при невысоких нагрузках;

– минвата марки П–125 (плотность 125 кг/м^3), имеет неплохие изоляционные свойства;

– минвата марки ПЖ–175, данный материал плотный и повышенной жесткости, – минвата марки ПЖ–200 отличается повышенной жесткостью, но обеспечивает дополнительную защиту от пожара.

Б.12 Другой широко распространненый вид мягких звукопоглощающих материалов – стекловата. Это волокнистый материал на основе стекловолокон, которые имеют толщину 5–15 мкм и длину 15–50 мм. Благодаря этому стекловата отличается малым весом, эластичностью, негигроскопичностью, высокой паропроницаемостью, упругостью, термостойкостью (допустимая температура нагревания 450°С), высокой вибростойкостью, является химически пассивной. Стекловату выпускают в виде плит и рулонов, применяется для создания промежуточного мягкого слоя в многослойных звукопоглощающих конструкциях. Объемная плотность стекловаты 13–85 кг/м^3.

Б.13 В качестве звукопоглощающего материала нередко используют также штапельное стекловолокно, близкое по своим свойствам к стекловате. Наиболее известными являются штапельные стекловолокна, выпускаемые компанией URSA. Среди них наибольшее применение находят такие марки, как URSA GEO (М–11, П–15, П–20, П30), PureOne.

Материал PureOne – наиболее современный материал, его изготовляют из эластичного акрила – химически нейтрального и безопасного для человека полимера. Акрил не растворяется в воде и не окисляется на воздухе. PureOne выпускают в виде плит (марки 34RN) и в виде матов (марки 37RN), которые не пылят и обладают хорошими звукопоглощающими свойствами.

Б.14 Ряд акустических материалов основан на применении каменной ваты, которая получается из расплава габбро-базальтовых горных пород. Это, например, звукопоглощающие плиты из каменной ваты Rockwool Акустик Баттс. Материалы фирмы Rockwool обладают хорошими звукопоглощающими свойствами, низкой теплопроводностью, гидрофобностью, стойкостью к деформации, негорючестью (класс пожароустойчивости КМ0), биоустойчивостью, имеют продолжительный срок эксплуатации (до 50 лет). Плиты Rockwool – Акустик Баттс применяются в плавающих полах в качестве упругого слоя под сухую (плиты ГВЛ и др.) или под

мокрую стяжку, при устройстве звукоизоляции перегородок, в качестве подкладок под лаги в перекрытиях. Объемная плотность 35–125 кг/м^3.

Звукопоглощающий материал Rockwool выпускается в виде рулонов, плит и блоков. Монтаж производится с помощью механического крепежа или укладкой на клей.

Б.15 Базальтовую вату, как и каменную вату, изготовляют из габбро или диабаза. Но в отличии от каменной ваты базальтовая вата не содержит ни минеральных, ни связующих примесей, не горит, выдерживает нагрев до 1000°С. Волокна базальтовой ваты имеют толщину до 7 мкм и длину до 50 мм и расположены в вате хаотично, поэтому имеется множество прослоек воздуха между тонкими волокнами, что обусловливает очень хорошие звукопоглощающие свойства. Из базальтового волокна легко формируется листы (холсты), рулоны, им удобно набивать маты. Базальтовая вата легко режется, удобна для монтажа, имеет большой срок службы. Положительным качеством базальтовой ваты является то, что она не пылит и из нее не выделяется фенол в отличие от других видов минеральных ват, базальтовая вата не подвержена гниению, поражению плесневым грибком. Базальтовая вата обладает высокой гидрофобностью.

Б.16 Акустические материалы выпускают многие фирмы – ROCKWOOL (Дания), PAROC (Финляндия), SAINT–GOBAIN (Франция), ISOVER (Финляндия), ECOPHON (Швеция), PELEIDERER, IDEX (Италия), THERMAFLEX (Голландия), IPOCORC (Португалия), DOW CHEMICAL Co (США), ARMSTRONG (США), USG (США), AMF (Германия), ТИГИ–KNAUF (Россия–Германия), ФЛАЙДЕРЕР–ЧУДОВО (Россия–Германия), Акустические материалы и технологии (Россия), СИЛИКА (Россия), ЭСТ (Россия), Техно–сонус (Россия), LUXALON, ACUSTO, OWA, ROCKFON, ВИБРОСИЛ, ЗИПС, Ковролин и многие другие.

Б.17 Фирма–концерн SAINT–GOBAIN выпускает на двух своих предприятиях – ECOPHON в Швеции и ISOVER в Финляндии звукопоглощающие потолки и панели из стекловолокна, отличающиеся высокими акустическими качествами и хорошим внешним видом.

Б.18 Близкими по своим свойствам к этим материалам являются минераловатные плиты на базальтовой основе ШУМАНЕТ–БМ, которые предназначены для

применения в качестве среднего (промежуточного) слоя в звукопоглощающих облицовках с зашивкой с обеих сторон листами ГКЛ, ГВЛ и др.

Для применения в плавающих полах используют стеклохолст Шуманет–1002 с односторонним битумным покрытием; плиты Шумостоп–С2 из штапельного стекловолокна; Шуманет–10, Шуманет–100С и др. Прокладочный материал Шуманет–10 толщиной 3 мм и при стяжке 60 мм снижает уровень ударного шума на 23 дБ; а материал Шуманет–100С при толщине 5 мм и стяжке 60 мм снижает шум на 27 дБ.

Б.19 Для создания звукоизоляционного слоя в плавающих полах применяют также такие материалы как ТермоЗвукоИзол, Звукоизол, Шуманет 100, Шуманет 100 супер, Tecsound FT75, Sylomer, а также базальтовую, каменную или стеклянную вату.

Фирма КНАУФ (Россия) выпускает гипсовые пазогребневые плиты (ППГП). Итальянская фирма MAPPY производит звукопоглощающие панели Mappysil из вспененного полиамида, поролона.

В таблице Б.2 приведены некоторые данные, которые можно использовать при выборе звукопоглощающих материалов. Дополнительные данные по ряду материалов приведены в таблице Б.3 .

Таблица Б.2 – Параметры некоторых видов звукопоглощающих изделий

Марка	Основа	Покрытие	Размер, мм	Коэффициент звукопоглощения	Поверхностная плотность, кг/м^2
Потолки Ecophon	Стекловолокно	Стекловолокно	600×600 600×1200 600×1600 600×1800 600×2000 600×2400 1200×1200 толщина 15,20,40	0,9 – 0,95	1,3 – 2,5
Потолки Ecophon	Стекловолокно	Специальное Akutex T, сетка из стекловолокна, ударопрочная сетка	2700×600 2700×1200 толщина 40	0,9 – 0,95	5,0
Потолки Isover–Ecophon	Стекловолокно	Стекловойлок	600×600 600×1200 толщина 15,20,30	0,85 – 0,9	1,3 – 1,9
Плиты Шуманет–БМ	Минеральная вата	–	1000×600×50	0,9	γ = 35 кг/м^3
Прокладоч-	Стекловолок-	–	рулон шири-	снижение	780

Марка	Основа	Покрытие	Размер, мм	Коэффициент звукопоглощения	Поверхностная плотность, кг/м^2
ные иглопробивные маты Вибросил–Е	но		ной 920	ударного шума не менее чем на 27 дБ	
Плиты ППГЗ	Гипс	–	595×595×10	0,62 – 0,87	7 – 8
Акустические натяжные потолки Clipso	Полиэстер	Полиуретановое	Ширина 5100	0,68 (с применением Шуманет–БМ)	240 г/м^2
Панели SoundLux	Стекловолокно	Перфорированная сталь	2500×360×40	0,9	10
Напыляемое покрытие Sonasprey	Целлюлозное волокно	–	Толщина 15÷40	≤ 1	–
Панели Mappysil	Вспененный полиамид	–	1000×1000 1000×2000	0,55	γ = 30 кг/м^3

Таблица Б.3 – Примеры звукопоглощающих материалов, рекомендуемых для применения в многослойных звукоизолирующих конструкциях

Фирма–производитель	Наименование	Размеры, мм	Объемная плотность γ, кг/м^3	Коэффициент звукопоглощения α
ISOVER (Финляндия)	Плита KL–E, стекловолокно	1220×560×50 1220×560×100	14	0,8 – 0,9
ROCKWOOL (Дания)	Маты Rollbatts, минеральная вата	4000×960 x50	30	0,9
PAROC (Финляндия)	Плита IL, минеральная вата	1320×565×50 1170×610 x50	30	0,9
DOW CHEMICAL Co. (США)	Лист Styrofoam, пенополистирол	1200×600×20 (÷120)	30	–
ФЛАЙДЕРЕР–ЧУДОВО (Россия)	Плита П–15–П–80, стекловолокно	1250×565 x50	15 – 80	0,8 – 0,9
ЭЮВАТА (Россия)	Слой напыляемой целлюлозной ваты	толщина слоя 42 ÷ 70	–	–
МИНЕРАЛЬНАЯ ВАТА (Россия)	Плита Шуманет–ВМ, минвата	1000×600 x50	45	0,95

Б.20 Для улучшения звукоизоляции важное значение имеет устранение неплотностей, щелей, отверстий, особенно в местах примыкания строительных конструкций друг к другу. Для уплотнения неплотностей в местах примыкания строительных конструкций и уменьшения передачи вибраций во многих случаях целесообразно подкладывать под стены, перегородки в местах их опирания на перекрытия и в местах контакта с потолками прокладочные материалы. Ряд таких материалов приведен в таблице Б.4.

Таблица Б.4 – Прокладочные звукоизоляционные материалы

Производитель	Наименование	Плотность, кг/м^3	Длина, ширина, толщина, мм	Обеспечиваемый индекс снижения приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ
SAINT–GOBAIN (Франция)	Стеклохолст Velimat LB 230	80	15000×1000×3	18 (один слой) 23 (два слоя)
THERMAFLEX (Голландия)	Рулон Termosheet, пенополиэтилен	30 – 35	12000×1560×(3÷38)	–
GATES RUBBER Co. (Шотландия)	Рулон Tredaire, пенополиэстер	81	11000×1370 x3	20
INDEX (Италия)	Полимерно–битумная мембрана Fonostop Duo	250	10000×1000×8	33
IPOCORK (Португалия)	Рулон Ipocorc, пробка	500 – 560	10000×100×2	18
ЗАВОД ЛИТ (Россия)	Рулон Пенофол, пенополиэтилен	44 – 74	5000×580×(2÷10)	26÷32
РЕГУПЕКС (Россия)	Лист Регупол, смесь резины и полиуретана	870	2300×1150×6 (8, 10, 13)	17 (при толщине 6 мм)
ЭСТ (Россия)	Лист Энергофлекс, пенополиэтилен	30	12000×1500 x(5÷20)	–
СИЛИКА (Россия)	Мат Supersil, кремнеземное волокно	130 – 170	30000×920×(6÷20)	27

Б.21 При обшивке стен листами гипсокартона между стеной и гипсокартоном может быть помещен в целях увеличениязвукоизоляции такой материал как Tecsound, K–Fonik ST GK, PhoneStar, ЭкоЗвукоИзол и другие материалы.

Б.22 Для звукоизоляции в последнее время стали применять готовые звукоизолирующие системы ЗИПС. Конструкции ЗИПС являются одним из эффективных средств дополнительной звукоизоляции однослойной перегородки (кирпичной, бетонной стены и т.п.). ЗИПС состоит из сэндвич-панелей и финишных облицовочных листов гипсокартона толщиной 12,5 мм. Сэндвич-панель состоит из комбинации плотных (гипсоволокно) и легких слоев (минеральная вата или стекловата). В зависимости от модели толщина и разновидность материала в слое могут варьироваться. К плюсам конструкции можно отнести отсутствие металлического каркаса, крепление к стене производится через специальные узлы, которые сделаны в процессе производства панелей. К боковым поверхностям (пол, стены, потолок) торцы панельной системы ЗИПС примыкают через виброизолирующие прокладки. По пожаробезопасности ЗИПС относится к категории Г1 (трудносгораемый материал).

Толщина ЗИПС в зависимости от модели может варьироваться от 40 до 130 мм. Повышение индекса звукоизоляции в зависимости от толщины конструкции от 9 до 18 дБ. Например, при применении четырехслойной панели ЗИПС толщиной 70 мм индекс звукоизоляции стены повышается на 10 дБ, а если толщина ЗИПС будет составлять 130 мм, то общий индекс звукоизоляции увеличивается на 18 дБ.

Б.23 Используемые в строительной отрасли пенополиэтилены (вспененные полиэтилены), имеют плотность от 20 до 80 кг/м^3. Применяются следующие разновидности пенополиэтиленов:

- несшитый вспененный полиэтилен, имеет несвязанную молекулярную структуру (молекулы полимера не связаны между собой химическими связями);

- физически сшитый пенополиэтилен, имеет модифицированную молекулярную структуру, за счет чего повышаются звукоизоляционные свойства;

- химически сшитый пенополиэтилен. Метод химической сшивки пенополиэтилена укрепляет межмолекулярные связи полиэтилена, за счет чего улучшаются звукоизоляционные свойства.

Полиэтилен используют в качестве упругого слоя при устройстве плавающих полов; в качестве подложки под паркет, ламинат и другие напольные покрытия; при уплотнении стыков. Полиэтилен химически инертен по отношению к цементу, бетону и др. материалами, стоек к большинству растворителей, к бензину и маслам. Пожаробезопасность – Г2. Однако полиэтилен имеет некоторые недостатки – неустойчив к ультрафиолетовому излучению; при длительных нагрузках теряет до 75% своей толщины, в силу чего со временем ухудшаются изоляционные свойства. При попадании влаги в подпаркетное пространство, создаются условия для распространения плесени.

Примеры полиэтиленов: Изолон, Изонел, Изофом, Пленэкс, Теплофлекс, Порилекс, Энергофлекс, Стизол, Изоком, Джермафлекс, Стейнофон, Изопенол и пр.

Б.24 Для защиты от ударного шума в качестве звукоизолирующего слоя и упругих прокладок применяют и другие звукоизоляционные материалы, например, прессованные листы из натуральной пробковой крошки, которая не подвержена гниению, воздействию грызунов, паразитов и плесени, инертна по отношению к активным химическим веществам, отличается долговечностью (до 40 и более лет).

Пробковые материалы, выпускаемые фирмой "IPOCORK" (Португалия) в виде листов размерами 915×610 мм и в виде рулонов толщиной 2–4 мм, обеспечивают снижение приведенного уровня ударного шума до 12 дБ.

Пробкорезиновая подложка Ibola (производство Германии) представляет собой смесь гранулированной пробки и синтетической резины. Материал снижает шумы ударного характера (снижение на 18–21 дБ) и гасит вибрацию технологического оборудования. Может применяться в качестве прокладок под эластичные и жесткие напольные покрытия, ПВХ/ХВ покрытия, линолеум, паркет, керамическую плитку, плиты из натурального камня. Пожаробезопасна. Однако подложка на основе пробкорезиновой смеси нуждается в дополнительной влагоизоляции полиэтиленовой пленкой, так как при избыточной влажности подложки возможно появление плесени.

Материал Parkolag фирмы ICOPAL (Дания, Финляндия) представляет собой битумно-пробковую подложку, изготавливаемую на основе крафт-бумаги с битумной пропиткой и посыпкой пробковой крошкой. При монтаже укладывается пробковой посыпкой вниз, что способствует удалению влаги из-под ламината. Применения гидроизоляции не требуется. Пожаробезопасность – Г1. Недостатки заключаются в том, что битумная пропитка пачкается при укладке, пробковые крошки могут отлетать от полотна. Выпускается в рулонах толщиной 3 мм ивесом 10 кг, снижение приведенного уровня ударного шума – 18 дБ.

Б.25 Применяются также композиционные материалы, например, подложка Tuplex фирмы TUPLEX (Финляндия). Это изоляционный материал нового поколения, многие производители напольных покрытий (UPOFLOOR, TARKETT, KARELIA, KAHRS) используют его вместе со своей продукцией. Толщина подложки 3 мм, снижение приведенного уровня ударного шума 18–20 дБ. Подложка состоит из двух слоев полиэтиленовой пленки, между которыми находятся гранулы пенополистирола. Верхняя пленка, изготовленная из полиэтилена, обеспечивает защиту напольного покрытия от влаги. Нижняя пленка пропускает влагу в пространство между пленками, откуда она выводится наружу по периметру помещения через расширительные швы, и таким образом, пространство вентилируется. В процессе эксплуатации композитная подложка почти не деформируется, она долговечна (до 20 лет), пожаробезопасность соответствует классу НГ. Монтаж композитной под-

ложки осуществляется методом свободной укладки, без использования клеевых составов.

Б.26 Другие примеры – материал ТермоЗвукоИзол; композицит Виброфильтр (синтетический каучук и алюминиевая фольга). В качестве подложек может использоваться и такой материал как экструдированный пенополистирол, который **облада**ет высокой прочностью на сжатие и низким водопоглощением – 0,1%, т.е не требует защиты от влаги. Удобен в работе – легкая нарезка, простота и быстрота укладки, небольшое количество отходов, пожаробезопасный (Г1), долговечность до 50 лет.

В качестве примера можно привести Foamboard–5000 от «ФАСАД СТРОЙ» (Россия); плиты экструзионные пенополистирольные «ТИСплэкс». При толщине 3 мм при укладке под стяжку толщиной 60 мм снижение приведенного уровня ударного шума составляет 20–23 дБ.

Пенополистиролы толщиной листа 10–20 мм используют также в конструкциях плавающих полов.

Прокладки из пенополистирола применяют при монтаже каркасных перегородок и облицовок между профилями каркаса, крепежными элементами и несущими строительными конструкциями, в местах примыкания обшивных листов перегородки или облицовки к другим строительным конструкциям. При устройстве деревянных перекрытий и полов прокладки укладываются под лаги и под балки перекрытий в местах их опоры на стены. При этом ширина полосы подложки с каждой стороны должны быть не менее чем на 10 мм больше ширины лаги или балки. Прокладки применяют также под торцы балок, опирающихся на стены, для предотвращения жесткого контакта с другими строительными конструкциями и уменьшения нежелательной передачи звука.

Б.27 Для заполнения швов в конструкциях плавающих полов, в каркасных звукоизолирующих перегородках и облицовках, для обеспечения высокой виброизоляции стыков между строительными конструкциями и для снижения распространения по ним структурного шума следует применять виброакустический герметик. Этот материал не вызывает коррозии металла, у него хорошее налипание на большинство строительных материалов – бетон, кирпич, штукатурку, стекло, эмаль, металлы, керамику, пластмассы, лакированную или окрашенную древесину. Герметик устойчив по отношению к ультрафиолетовому излучению. Застывший герметик

не имеет запаха и в обращении безопасен. Но во время работы с ним нужно избегать попадания герметика в глаза и на кожу, и работать в проветриваемых помещениях.

Примеры – герметик Бостик 3070 из пробковой крошки (Schrot) и эластичного вяжущего вещества; виброакустический герметик SYLOMER; мастика вибропоглощающая.

Б.28 Для снижения уровня шумов и вибраций, передаваемых от разных источников на элементы строительных конструкций, а также для защиты помещений от структурного шума разработаны специальные высокоэффективные эластомерные материалы, которые хорошо держатся на большинстве материалов – на дереве, пластмассе, металле, бетоне и др. Примерами таких прокладок являются прокладки с самоклеящейся основой Varnamo (Швеция) из пористой резины; эластомерные вибродемпфирующие пластины (ВЭП); ArmaSound – эластомерные прокладки производства компании Armacell (Германия); микропористые полиуретановые эластомеры со смешанной ячеистой структурой Sylomer австрийской фирмы Getzner Werkstoffe GmbH.

Отличительными особенностями Sylomer являются:

- объемная сжимаемость,
- высокие показатели виброизоляции,
- большие внутренние потери,
- стабильность формы и упругих свойств, в т.ч. и при низких температурах,
- устойчивость к маслам, жирам, щелочам и слабым кислотам,
- способность выдерживать долговременные нагрузки,
- интервал рабочих температур от –30°С до +70°С.

Б.29 В тех случаях, когда предъявляются высокие требования к пожаробезопасности звукопоглощающих и звукоизолирующих конструкций используют прокладочный материал из кремнеземного волокна, которое обладает хорошими экологическими показателями. Материал из кремнеземного волокна удобно применять на стыках несущих элементов конструкций здания.

Примерами такого прокладочного материала являются рулонное кремнеземное волокно Supersil, Supersilika и Silibas (Россия); Вибросил–К (Россия) из кремнеземного волокна Ekowoo.

Б.30 Плиты перфорированные гипсовые звукопоглощающие Кнауф (ППГЗ) – это декоративный звукопоглощающий материал на основе натурального гипса. Плиты Кнауф предназначены для улучшения акустического комфорта и снижения уровня шума в помещениях различного назначения. На предприятиях компании Кнауф производится несколько типов перфорированных гипсовых звукопоглощающих плит:

Knauf Cleaneo Acoustic – благодаря использованию цеолита не только эффективно снижают уровень шума, но и улучшают внутренний климат в помещении и уменьшают содержание вредных веществ в воздухе.

Danoline – применяются в конструкциях акустических подвесных потолков для обеспечения звукопоглощения в среднечастотном диапазоне.

Б.31 Фирма ISOVER (Финляндия, Польша, Россия) выпускает звукопоглощающие жесткие плиты на основе каменной ваты Isover Флор, применяемые в конструкциях плавающих полов, индекс снижения ударного шума до 32 дБ при толщине слоя 30 мм, негорючи (группа НГ), размеры плит 1200×600 мм.

Для применения в плавающих полах фирма ISOVER выпускает плиты Isover OL–TOP размерами 1190×1380 мм, собираемые по технологии шип–паз; поверх звукоизоляционного слоя укладывают слой полиэтилена, на него помещают армирующую сетку и затем стяжку. Швы между плитами проклеивают армирующей сеткой.

Б.32 Маты и плиты из базальтовой ваты PAROC SSB 1, PAROC EXTRA применяются как эффективная защита от шума, пожаробезопасны (класс пожарной опасности НГ), не выделяют вредных веществ, обладают водоотталкивающими свойствами, высокой паропроницаемостью, устойчивы к маслам, растворителям, кислым средам, имеют большой срок эксплуатации срок эксплуатации (до 70 лет). Размеры 1200/1800×600/1200 мм, толщина 30–50 мм.

Б.33 Tecsound (Спанбонд Тексаунд 70, Войлок Тексаунд FT) – тяжелая тонкая звукоизоляционная мембрана толщиной не более 4 мм, состоит из минерала арагонит и полимерных связующих. Применяется в качестве шумопоглощающего. звукоизолирующего, вибродемпфирующего слоя в конструкциях стен и перегородок, в плавающих полах, в качестве подложки под финишное напольное покрытие, в подвесных и натяжных потолках, в кровле, в междуэтажных перекрытиях. Объемная плотность 1900 кг/м^3. Размеры 5000×1220×(3,7–14) мм.

Б.34 Целый ряд звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов выпускает фирма Техносонус. К таким материалам относятся:

Соноплат – тонкие панели из древесно–волокнистого прессованного листа, образующего плотный каркас. Внутренняя структура заполнена мелкодисперсным кварцевым наполнителем. Древесно-волокнистая подложка. Поверхностная плотность 17–19 кг/м^2. Размеры 1200×600×12 мм. Соноплат можно монтировать на каркасные системы, непосредственно на выровненные и огрунтованные поверхности. Применяют в качестве звукоизоляционной прослойки в конструкциях стен, полов, потолков.

Термозвукоизол – иглопробивные стекловолокнистые холсты, запаянные в защитную оболочку из спанбонда. Применяется в качестве вибродемпфирующего слоя под стяжку в конструкциях плавающих полов, для снижения передачи структурного шума, в полах на деревянных лагах, в конструкциях стен и потолков. Объемная плотность 136 кг/м^3. Размеры 10000×1500×(10–14) мм. Не содержит фенолформальдегида, экологически безопасен. Аналогичный материал Акустилайн.

СтопЗвук БП – звукопоглощающий материал в виде плит из базальтового волокна, применяется в качестве заполнителя воздушного промежутка в двойных стенах, перегородках, в потолках, в перекрытиях, в полах на деревянных лагах. Объемная плотность 45–60 кг/м^3. Отличается высокой механической прочностью, негорючий, экологически безопасный.

СтопЗвук Эко – звукопоглощающий материал в виде плит на основе полиэфирного синтетического волокна. Пожаробезопасный, экологически безвредный, не гниет. Применяется в качестве эффективного и безопасного звукопоглощающего материала в перегородках, подвесных потолках, в перекрытиях, в полах на деревянных лагах. Объемная плотность 18–42 кг/м^3 в зависимости от модификации. Размеры 1000×600×(20–50) мм.

СтопЗвук–М – битумно-полимерная мембрана со слоем полиэфирного войлока. Применяется в качестве прокладочного гидро–звукоизоляционного и вибродемпфирующего слоя в конструкциях плавающих полов. Выпускается в виде рулонов размерами 10000×1000×4 мм, вес рулона 25 кг.

Звукоизол – рулонный двухслойный материал, состоящий из битумно–полимерной мембраны и газовспенной пенополиэтиленовой подложки. Применяет-

ся в плавающих полах в качестве тепло–гидро–звукоизоляционного слоя. Размеры 15000×1000×4,5 мм, вес рулона 30 кг.

Звукоизол ВЭМ – тонкая звукоизолирующая мембрана с большим удельным весом, применяется в плавающих полах под стяжку, под чистовое напольное покрытие, в стенах и перегородках. Объемная плотность 1800 кг/м^3. Размеры 2500×1200×(2–4) мм, вес рулона 24 кг.

Виброфлор – тонкий рулонный материал из полиэфирного волокна. Применяется в качестве вибро–звукоизоляционной прокладки при устройстве плавающих полов, под ламинат, паркетную доску, в звукоизолирующих обшивках стен и потолков. Поверхностная плотность 0,3 кг/м^2. Размеры 15000×1000×4 мм, вес рулона 7 кг.

Б.35 Звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы в ряде случаев непосредственно прикрепляют или приклеивают к ограждающим конструкциям. Однако в этом случае создаются благоприятные условия для передачи вибраций и структурного шума по строительным конструкциям, что приводит к заметному ухудшению звукоизоляции. Для предотвращения этого целесообразно прикреплять звукоизолирующие материалы с помощью специальных виброподвесов, особенно при применении каркасных систем звукоизоляции.

В частности, рекомендуются виброподвесы Сонокреп ЕП (производства компании АМС Mecanocaucho Испания) на основе Sylomer. Данные виброподвесы улучшают звукоизоляционные характеристики примерно на 5 дБ в диапазоне частот 125 – 1000 Гц.

Сонокреп Акустик – это антивибрационное крепление для подвесных потолков и подвесного инженерного оборудования, обладает высокой прочностью и долговечностью. За счет использования Sylomer достигаются высокие показатели улучшения звукоизоляции по сравнению с использованием резины, пробки, металлических пружин. легко монтируется.

Сонокреп Протектор – это виброизоляционный подвес упрощенной конструкции с применением резинового эластомера, применяется в конструкциях каркасных обшивок стен и подвесных потолков.

В нижеследующей таблице Б.5 приведен ряд звукоизолирующих материалов, применяемых для снижения ударного шума (по результатам измерений НИИСФ РААСН).

Таблица Б.5 – Снижение приведенного уровня ударного шума при применении покрытия пола материалами типа Acoustic Floor Mat, Regupol, Изофом ППЭ, АкустовЪ

f, Гц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100	10	10	10	11	9	1	12	13	0	4	12	11	10	10	10	12	3	3	10	6
125	5	1	10	12	4	2	14	14	3	5	7	6	5	10	5	8	3	8	18	10
160	6	5	13	15	4	8	16	17	5	9	4	5	4	4	4	5	5	8	19	9
200	9	5	17	18	7	13	19	21	8	11	4	4	7	0	7	6	6	10	23	13
250	9	8	18	19	7	18	22	26	12	14	6	7	9	6	9	7	6	12	21	17
315	15	10	21	22	12	21	25	30	17	18	6	9	11	6	11	11	6	12	23	20
400	18	10	23	23	13	25	28	33	20	23	15	16	11	11	11	15	11	19	30	24
500	22	12	26	26	16	29	31	36	24	26	18	18	18	13	18	17	11	21	28	27
630	26	17	30	30	20	32	34	38	28	30	21	21	19	18	19	21	12	25	31	29
800	29	20	33	35	24	36	35	41	31	34	24	24	22	20	22	24	17	27	31	32
1000	33	22	36	38	29	38	38	45	33	37	28	29	27	25	27	27	17	29	34	34
1250	36	25	39	41	32	41	41	50	35	37	31	31	31	29	31	29	20	32	35	36
1600	39	27	41	42	36	44	45	54	39	38	35	36	32	32	32	34	26	36	40	39
2000	41	28	43	44	39	48	48	57	44	42	39	41	37	36	37	38	27	39	44	42
2500	44	28	45	46	42	50	54	60	50	50	39	43	34	41	34	34	33	43	48	42
3150	44	30	48	50	43	52	60	64	56	59	35	39	34	43	34	33	37	48	52	45
ΔL_{nw}, дБ	26	21	31	33	23	26	34	35	22	26	23	24	25	22	24	25	21	25	36	30

d, мм	10	8	16	16	6	8	17	17	8	17	5	8	10	5	8	10	3	4	20	20
Р,кг/м^2	5000	2500	2500	2500	5000	500	2500	3000	3000	5000	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
$E_д$, МН/м^3	20	40	17	13	35	15	10	12	47	17	23	24	–	–	–	–	–	–	–	–
ε 2 кН/м^2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,07	0,023	0,029	0,06	0,026	0,029	0,03	0,17	0,22	–
ε 5 кН/м^2											0,08	0,052	0,058	0,08	0,054	0,056	0,04	0,18	0,20	–

Расшифровка названий материалов и обозначений в таблице Б.5:

1 – Acoustic Floor Mat 26

2 – Acoustic Floor Mat 21

3 – Acoustic Floor Mat 31

4 – Acoustic Floor Mat 33

5 – Acoustic Floor Mat 23

6 – Regupol comfort

7 – Regupol sound 10

8 – Regupol sound 12

9 – Regupol sound 47

10 – Regupol sound 17

11 – Изофом ППЭ–4005

12 – Изофом ППЭ

13 – Изофом ППЭ–4010

14 – Изофом ППЭ–3005

15 – Изофом ППЭ–3008

16 – Изофом ППЭ–3010

17 – АкустовЪ–Базис

18 – АкустовЪ–ВС

19 – АкустовЪ–Люкс

20 – АкустовЪ–ТОП–20

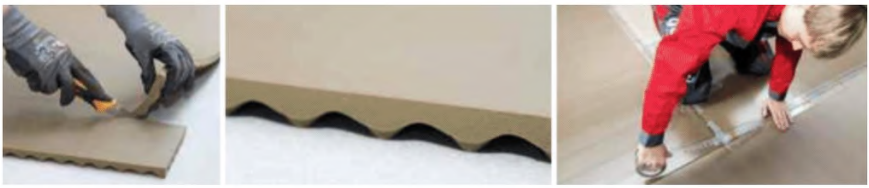
ΔL_{nw} – индекс изоляции приведенного уровня ударного шума, дБ;

d – толщина звукоизоляционного слоя, мм;

Р – диапазон прикладываемых нагрузок, кг/м^2;

$E_д$ – динамическая жесткость, МН/м^3;

ε 2 (ε 5) – относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на слой 2 или (5) кН/м^2, соответственно.



Acoustic Floor Mat 31



Acoustic Floor Mat 21

Regupol sound 12



Regufoam sound 10

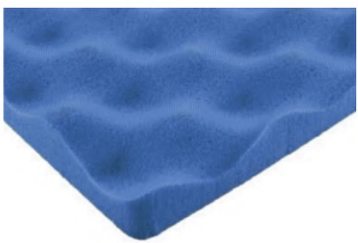


Рисунок Б.1 – Примеры некоторых покрытий пола, приведенных в таблице Б.5

Приложение В

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВЫПОЛНЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЗВУКОВИБРОИЗОЛЯЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Пример 1. Оценить на соответствии нормам звукоизоляции конструкцию междуэтажного перекрытия с плавающим полом

Для проектируемого жилого дома предусмотрена следующая конструкция междуэтажного перекрытия:

– железобетонные несущие плиты толщиной 300 мм и объемной плотностью $\gamma = 2500$ кг/м^3;

– упругая прокладка из пенополиэтиленового материала Изолон ППЭ толщиной 10 мм и объемной плотностью $\gamma = 33$ кг/м^3;

– полистиролбетонная стяжка толщиной 75 мм и объемной плотностью $\gamma = 200$ кг/м^3;

– плиты утепления UPONOR TACKER 30–2 толщиной 33 мм и объемной плотностью $\gamma = 20$ кг/м^3;

– цементная стяжка толщиной 65 мм, армированная полимерными волокнами ($\gamma = 0{,}7$ кг/м^3), объемная плотность стяжки $\gamma = 1850$ кг/м^3;

– напольное покрытие с клеем (паркетная доска) толщиной 16 мм и объемной плотностью $\gamma = 733$ кг/м^3.

Требуется рассчитать индексы изоляции воздушного и ударного шума перекрытием и оценить их на соответствие нормам звукоизоляции по СП 51.13330.2011.

Расчет индекса изоляции воздушного шума перекрытием

Вначале определим частотную характеристику и индекс изоляции воздушного шума железобетонными плитами перекрытия толщиной 300 мм. Согласно методике расчета, приведенной в разделе 12, расчетная кривая частотной характеристики

звукоизоляции плиты из железобетона состоит из нескольких характерных отрезков – AB, BC, CD (рисунок 13.1).

Абсцисса точки В находится по формуле:

$$f_{\text{В}} = 29000 / h, \quad \text{Гц}, \tag{В.1}$$

где h – толщина плиты перекрытия в мм; при расчетах найденное значение $f_{\text{В}}$ округляется до ближайшего стандартного значения, соответствующего среднегеометрической частоте третьоктавных полос нормируемого частотного диапазона звукоизоляции от 100 Гц до 3150 Гц.

Ордината точки В находится из формулы (с округлением до ближайшего целого):

$$R_{\text{В}} = 20 \lg m_{\text{э пл.}} - 12, \text{ дБ}, \tag{В.2}$$

где $m_{\text{э пл.}}$ – эквивалентная поверхностная плотность плиты перекрытия,

$m_{\text{э пл.}} = K\, m_{\text{пл.}}$, кг/м^2,

K – коэффициент, принимаемый для сплошных ограждающих конструкций плотностью более 1800 кг/м^2 равным единице ($K = 1$),

$m_{\text{пл.}}$ – поверхностная плотность плиты перекрытия ($m_{\text{пл.}} = \gamma h$, здесь γ – объемная плотность материала плиты, кг/м^3; h – толщина плиты в метрах), кг/м^2.

При построении частотной характеристики изоляции вначале находят координаты точки В ($f_{\text{В}}$ и $R_{\text{В}}$) по формулам, затем влево от точки В проводят горизонтальный отрезок АВ, а вправо проводят луч с наклоном 7,5 дБ на октаву до точки С, ордината которой равна 65 дБ. Далее от точки С проводят вправо горизонтальный отрезок CD.

На основании полученной таким образом частотной характеристики был определен индекс изоляции воздушного шума железобетонной плитой толщиной 300 мм. Определение индекса изоляции воздушного шума производилось следующим образом:

Вначале была найдена сумма неблагоприятных отклонений расчетной частотной характеристики изоляции от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения на тех частотах, где значение изоляции воздушного шума по рас-

четной частотной кривой меньше значения по оценочной кривой в той полосе частот.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превосходит эту величину, то индекс изоляции воздушного шума равен R_W = 52 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибелов так, чтобы новая сумма неблагоприятных отклонений, максимально приближаясь к 32 дБ, в то же время не превышала эту величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, то оценочная кривая смещается вверх на целое число децибелов так, чтобы новая сумма неблагоприятных отклонений, максимально приближаясь к 32 дБ, в то же время не превышала эту величину.

За величину индекса изоляции R_W принимается ордината смещенной оценочной кривой в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.

Расчет для железобетонной плиты толщиной 300 мм представлен в таблицах В.1 и В.2.

Таблица В.1 – Опорные точки частотной характеристики изоляции воздушного шума железобетонной плитой перекрытия

Материал перекрытия и его плотность γ, кг/м^3	**Толщина плиты перекры–тия h, мм**	**Коэффициент K**	**Эквивалентная поверхностная плотность несущей плиты перекрытия $m_{э.пл.}$, кг/м^2**	**Абсцисса $f_в$, Гц**	**Ордината $R_в$, дБ**
Тяжелый железобетон, γ = 2500	300	1	750	96,6 ≈ 100	45,5 ≈ 45

Таблица В.2 – Частотная характеристика и индекс R_W изоляции воздушного шума железобетонной плитой перекрытия толщиной 300 мм

Толщина плиты перекрытия h, мм	Изоляция воздушного шума R, дБ, в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц																Индекс изоляции воздушного шума плитой $R_{W\,\text{плита}}$, дБ
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
300	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	65	65	65	65	65	**62**
Оценочная кривая изоляции воздушного шума $R_{\text{оц}}$, дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	–

Из таблицы В.2 следует, что индекс изоляции воздушного шума железобетонной плитой без вышерасположенных слоев составляет $R_{W\,\text{плита}} = 62$ дБ.

В п. 9.13 из СП 275.1325800.2016 приведена формула для ориентировочной оценки индекса изоляции конструкции из железобетона, бетона, кирпича и т.п.:

$$R_W = 37 \lg m_{\text{пл.}} + 55 \lg K - 43, \text{ дБ.} \qquad \text{(В.3)}$$

Подстановка в данную формулу числовых значений дает:

$R_W = 37 \lg 750 + 55 \lg 1 - 43 = 63$ дБ, что близко к найденному нами по более точному методу значению $R_{W\,\text{плита}} = 62$ дБ. Поэтому для дальнейших расчетов используем именно это значение (62 дБ).

Оценим теперь влияние на звукоизоляцию остальных слоев «пирога» перекрытия.

Для этого вначале определим частоту резонанса перекрытия $f_\text{р}$ по формуле:

$$f_p = 0{,}16\sqrt{\frac{E_\text{д}(m_1 + m_2)}{d\,m_1 m_2}}, \quad \text{Гц,} \qquad \text{(В.4)}$$

где $E_\text{д}$ – динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, Па, (для изолона ППЭ – $E_\text{д} = 2 \cdot 10^5$ Па при полезной нагрузке 2000 Па);

m_1 – поверхностная плотность несущей плиты перекрытия ($m_1 = m_{э\ пл.}$= 750 кг/м^2);

m_2 – поверхностная плотность конструкции перекрытия выше звукоизоляционного слоя (без звукоизоляционного слоя), кг/м^2;

d – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м.

Величина d определяется по формуле:

$$d = d_0 \cdot (1 - \varepsilon), \qquad \text{(В.5)}$$

где d_0 – толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии (слой изолона толщиной d_0 = 0,01 м);

ε – относительное сжатие материала звукоизоляционного слоя под нагрузкой (при полезной нагрузке 2000 Па величина ε = 0,05).

Толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии:

$$d = 0{,}01 \cdot (1 - 0{,}05) = 0{,}0095 \text{ м}. \qquad \text{(В.6)}$$

Находим величину m_2:

m_2 = 200 · 0,076 (полистиролбетонная стяжка) + 20 · 0,033 (плиты утепления UPONOR TACKER) + 1850 · 0,065 (армированная цементная стяжка) + 733 · 0,016 (напольное покрытие) = 147,8 кг/м^2 .

Определяем частоту резонанса по формуле (В.4):

$$f_p = 0{,}16\sqrt{\frac{E_o(m_1 + m_2)}{d\, m_1 m_2}} = 0{,}16\sqrt{\frac{2{\cdot}10^5 \cdot (750{+}147{,}8)}{0{,}0095{\cdot}750{\cdot}147{,}8}} = 66 \text{ Гц}.$$

Следует отметить, что частота резонанса перекрытия $f_р$ = 66 Гц оказалась ниже нижней частоты нормируемого частотного диапазона звукоизоляции, что является благоприятным фактором для звукоизоляции.

Индекс изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием со звукоизоляционным слоем следует определять по таблице 12.1 в зависимости от индекса изоляции воздушного шума несущей плитой перекрытия $R_{W\ плита}$ и частоты резонанса конструкции $f_р$.

Для рассматриваемого перекрытия $R_{W\ плита}$ = 62 дБ, f_p = 66 Гц. В таблице 12.1 отсутствуют данные для таких значений. Поэтому принимаем по интерполяции индекс изоляции воздушного шума перекрытием в целом R_W = 62,5 ≈ 62 дБ.

Таким образом, звукоизоляция перекрытия в целом определяется в основном звукоизоляцией несущей железобетонной плиты толщиной 300 мм. Т.е. конструкция вышерасположенного «пирога» не ухудшает изоляцию воздушного шума мощной несущей плитой. Этому в большой степени способствует то, что частота резонанса перекрытия $f_р$ = 66 Гц оказалась за пределами нормируемого диапазона частот ($f_р$ < $f_{гр.н.}$= 100 Гц).

Требуемый нормативный индекс изоляции воздушного шума перекрытиями между помещениями квартир и перекрытиями, отделяющими помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений равен согласно СП 51.13330.2011 $R_{W\,норм.}$ = 52 дБ.

Таким образом, расчетный индекс изоляции воздушного шума междуэтажным перекрытием проектируемого жилого дома соответствует с большим запасом нормам по звукоизоляции шума ограждениями жилых зданий ($R_{W\,пер.}$= 62 дБ > $R_{W\,норм.}$ = 52 дБ).

Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием

Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое определяется по таблице 12.7 в зависимости от величины индекса приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия (железобетонная плита толщиной 300 мм) $L_{nW\,0}$ и частоты собственных колебаний f_0 пола, лежащего на звукоизоляционном слое.

Величина индекса приведенного уровня ударного шума $L_{nW\,0}$ для несущей железобетонной плиты перекрытия толщиной 300 мм определялась по таблице 12.5 в зависимости от поверхностной плотности этой плиты (m_1 = 750 кг/м^2). В таблице 12.5 нет значения 750 кг/м^2, поэтому была произведена интерполяция и получено $L_{nW\,0}$ = 70 дБ.

Вычисляем частоту собственных колебаний f_0 пола, лежащего на звукоизоляционном слое, по формуле:

$$f_0 = 0{,}16\sqrt{\frac{E_д}{d\,m_2}},\ \text{Гц}, \qquad \text{(В.7)}$$

где $E_д$ – динамический модуль упругости звукоизоляционного слоя, Па,

(для изолона ППЭ – $E_д = 2 \cdot 10^5$ Па при полезной нагрузке 2000 Па),

d – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м, (d = 0,0095 м по формуле (5));

m_2 – поверхностная плотность пола без звукоизоляционного слоя, кг/м^2.

Подстановка численных значений в (В.7) дает:

$$f_0 = 0{,}16\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{0{,}0095 \times 147{,}8}} = 60{,}4 \approx 60 \text{ Гц}.$$

По найденным значениям $L_{nW\,0}$ = 70 дБ, f_0 = 60 Гц и таблице 12.7 с помощью интерполирования был определен индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием $L_{nw\,пер.}$ = 45 дБ.

Требуемый нормативный индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытиями между помещениями квартир и перекрытиями, отделяющими помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений, равен согласно СП 51.13330.2011 $L_{nw\,норм.}$ = 60 дБ.

Таким образом, расчетный индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием проектируемого жилого дома соответствует с большим запасом нормам по звукоизоляции для ударного шума ($L_{nw\,пер.}$ = 45 дБ < $L_{nw\,норм.}$ = 60 дБ).

Таким образом, запроектированная конструкция междуэтажного перекрытия позволяет обеспечить выполнение норм звукоизоляции как по воздушному, так и по ударному шуму.

Пример 2. Вычисление индекса изоляции воздушного шума и членов спектральной адаптации для перегородки

В таблице В.3 приведен пример определения индекса изоляции воздушного шума и членов спектральной адаптации на основе результатов натурных измерений по ГОСТ 27296 частотной характеристики изоляции воздушного шума R, дБ, перегородкой из силикатных полнотелых плит размерами 500×250×70 (толщина) мм в третьоктавных полосах в частотном диапазоне 100 – 3150 Гц.

Таблица В.3 – Пример вычисления индекса изоляции воздушного шума и членов спектральной адаптации для перегородки из силикатных полнотелых плит

Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Частотная характеристика изоляции воздушного шума перегородкой R_i, дБ	Оценочная кривая, сдвинутая вниз на 9 дБ	Неблагоприятные отклонения, дБ	Спектр №1 L_{i1}, дБА	$L_{i1} - R_i$, дБА	$10^{(L_{i1}-R_i)/10} \cdot 10^{-6}$	Спектр №2, L_{i2}, дБА	$L_{i2} - R_i$, дБА	$10^{(L_{i2}-R_i)/10} \cdot 10^{-6}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	30,5	24	–	–29	–59,5	1,122	–20	–50,5	8,912
125	36,7	27	–	–26	–62,7	0,537	–20	56,7	2,138
160	32,4	30	–	–23	–55,4	2,884	–18	–50,4	9,120
200	29,5	33	3,5	–21	–50,5	8,912	–16	–45,5	28,184
250	37,0	36	–	–19	–56,0	2,512	–15	–52,0	6,309
315	33,5	39	5,5	–17	–50,5	8,912	–14	–47,5	17,783
400	34,3	42	7,7	–15	–49,3	11,750	–13	–47,3	18,621
500	36,8	43	6,2	–13	–49,8	10,475	–12	–48,8	13,183
630	39,9	44	4,1	–12	–51,9	6,456	–11	–50,9	8,128
800	41,2	45	3,8	–11	–52,2	6,026	–9	–50,2	9,550
1000	45,5	46	0,5	–10	–55,5	2,818	–8	–53,5	4,467
1250	46,9	47	0,1	–9	–55,9	2,570	–9	–55,9	2,570
1600	49,8	47	–	–9	–58,8	1,318	–10	–59,8	1,047
2000	51,3	47	–	–9	–60,3	0,933	–11	–62,3	0,589
2500	54,0	47	–	–9	–63,0	0,501	–13	–67,0	0,199
3150	55,2	47	–	–9	–64,2	0,380	–15	–70,2	0,096
	$\Sigma = 31,4 < 32$ $R_w = 52 - 9 = 43$ дБ			$\Sigma = 68,105 \cdot 10^{-6}$ $-10\lg\Sigma = 41,668 \approx 42$ $C = 42 - 43 = -1$дБ			$\Sigma = 130,897 \cdot 10^{-6}$ $-10\lg\Sigma = 38,831 \approx 39$ $C_{tr} = 39 - 43 = -4$ дБ		
$R_W(C; C_{tr}) = 43\ (-1; -4)$ дБ									

Пример 3. Вычисление индекса приведенного уровня ударного шума и члена спектральной адаптации для перекрытия

Междуэтажное перекрытие состоит из несущих железобетонных плит толщиной 140 мм, полимерцементной стяжки толщиной 8 мм, пробкового слоя толщиной 4 мм, пенополиуретановой подложки толщиной 4 мм, ламината толщиной 8 мм. Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием и члена спектральной адаптации приведен в таблице В.4 (частотная характеристика приведенного уровня ударного шума получена с помощью измерений по ГОСТ 27296 в натурных условиях – в жилом доме).

Таблица В.4 – Расчет индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием и члена спектральной адаптации

Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Частотная характеристика приведенного уровня ударного шума под перекрытием с полом L_{ni}, дБ	Оценочная кривая, сдвинутая вниз на 7 дБ	Неблагоприятные отклонения, дБ
100	50,2	55	–
125	56,6	55	1,6
160	59,5	55	4,5
200	65,0	55	10,0
250	63,2	55	8,2
315	58,6	55	3,6
400	48,9	54	–
500	45,4	53	–
630	40,3	52	–
800	30,5	51	–
1000	27,9	50	–
1250	21,3	47	–
1600	18,2	44	–
2000	18,1	41	–
2500	15,7	38	–
3150	12,4	35	–
	$L_{n,sum} = 10 \lg \Sigma L_{ni} = 70{,}156 \approx 70$ дБ; $C_1 = 70 - 15 - 53 = 2$ дБ		$\Sigma = 27{,}9 < 32$ $L_{nw} = 60 - 7 = 53$ дБ
L_{nw} (C_1) = 53 (+2) дБ			

Пример 4. Расчет изоляции воздушного шума двойной перегородкой типа сэндвич

Необходимо спроектировать конструкцию типа сэндвич, обеспечивающую нормативную изоляцию воздушного шума в нормируемом диапазоне частот по закону массы и имеющую достаточную жесткость для предотвращения недопустимой деформации конструкции.

Рассмотрим сэндвич, состоящий из двух одинаковых тонких алюминиевых листов (панелей), между которыми расположен упругий промежуточный слой, примем длину сэндвича l = 3 м.

Для того, чтобы действие закона массы перекрывало нормативный частотный диапазон, необходимо, чтобы граничная частота сэндвича была не менее $f_{\text{гр.с}} \geq$ 6500 Гц. Для этого должно выполняться условие $\alpha^2 \geq 0{,}1$. Тогда граничная частота каждой панели сэндвича будет равна:

$f_{\text{гр.пан.}} = f_{\text{гр.с}} / \sqrt{1-\alpha^2}$ = 6500 /0,95 = 6842 Гц.

Далее находим требуемую толщину панели сэндвича по формуле:

$$h = c_{\text{в}}^2 / (1{,}8 c_n f_{\text{гр.пан}}) = 340^2 / (1{,}8 \cdot 5200 \cdot 6842) = 1{,}7 \cdot 10^{-3}\,м = 1{,}7 \text{ мм}.$$

Пренебрегая массой сердцевины, находим вес конструкции сэндвича шириной 1 м: $P = 2 m_{\text{пан}}\, gl = 2 \cdot 7800 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 \cdot 3 = 780{,}5$ Н/м.

Далее находим толщину сердцевины δ_c:

$$\delta_c \geq \sqrt{Pl^2 \left\{ E'h \left[0{,}192 - 4{,}8 \beta g l (\alpha c_B^{\,2}) \right]^{-1} \right\}} =$$

$$= \sqrt{780.5 \cdot 3^2 \cdot \left\{ 1{,}96 \cdot 10^{11} \cdot 0{,}0017 \cdot \left[0{,}192 - 4{,}8 \cdot 3 \cdot 9{,}81 \cdot 3 / (0{,}1 \cdot 340^2) \right] \right\}^{-1}} = 0{,}012\,\text{м} = 12 \text{ мм}$$

Требуемый модуль упругости материала сердцевины при сдвиге равен:

$G = 0{,}1\, Pc_{\text{в}}^2/(dlg) = 0{,}1 \cdot 780{,}5 \cdot 340^2/(0{,}012 \cdot 3 \cdot 9{,}81) = 25{,}5$ МПа, что соответствует жестким пенопластам.

Далее определяем резонансную частоту симметричных колебаний:

$$f_{\text{рез}} = 1/\pi \left[G / \left(\delta_c m_{\text{п}} \right) \right]^{1/2} = 1/3{,}14 \cdot \left[25{,}5 \cdot 10^6 / (0{,}012 \cdot 7800 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-3}) \right]^{1/2} = 4032 > 3200 \text{ Гц}$$

Таким образом, запроектированная сэндвич–панель поверхностной плотностью 13,2 кг/м^2 обеспечивает в нормируемом диапазоне частот от 100 до 3150 Гц выполнение закона массы.

Пример 5. Определить индекс изоляции приведенного уровня ударного шума междуэтажным перекрытием с плавающим полом

Междуэтажное перекрытие состоит из железобетонной плиты толщиной 160 мм (объемная плотность γ = 2500 кг/м^3), сплошного слоя минераловатных прошивных плит толщиной 50 мм (γ = 100 кг/м^3), цементной стяжки толщиной 70 мм, армированной полимерными волокнами (γ = 1850 кг/м^3), и чистого пола из линолеума толщиной 3 мм (γ = 1000 кг/м^3).

Рассчитаем поверхностные плотности элементов перекрытия:

несущей части $P_1 = 2500 \cdot 0{,}16 = 400$ кг/м^2;

пола на упругом основании (стяжка + чистый пол) $P_2 = 1850 \cdot 0{,}07 + 1000 \cdot 0{,}003 = 132{,}5$ кг/м^2;

упругого слоя $P_с = 100 \cdot 0{,}05 = 5$ кг/м^2.

Общая поверхностная плотность перекрытия $P = P_1 + P_2 + P_с = 400 + 132{,}5 + + 5 = 537{,}5$ кг/м^2.

По таблице 12,5 выбираем частотную характеристику $\Delta_т$ уменьшения приведенного уровня ударного шума при наличии рулонного пола (кривая 8) и наносим ее на график, подобный графику на рисунке 12.1.

Распределенная поверхностная нагрузка на упругий слой с учетом полезной нагрузки составляет $P = P_2 + P_{нагр.} = 1325 + 2000 = 3325$ Па. По таблице 12.2 определяем динамический модуль упругости слоя минераловатных плит $E_д = 4{,}3 \cdot 10^5$ Па и относительное сжатие упругого слоя под нагрузкой $\varepsilon = 0{,}67$. Тогда толщина упругого слоя в обжатом состоянии составит $h = h_0 (1 - \varepsilon) = 0{,}05 \cdot (1 - 0{,}67) = 0{,}0165$ м, а приведенный коэффициент жесткости упругого слоя будет равен:

$K = E_д / h = 4{,}3 \cdot 10^5 / 0{,}0165 = 26060606$ Па/м.

Резонансная частота колебаний пола на упругом слое равна:

$$f_0 = (1/2\pi)\sqrt{K / m_{ст.+пол}} = 1/(2 \cdot 3{,}14)\sqrt{26060606 / 132{,}5} = 70{,}6 \approx 71 \text{ Гц}.$$

Находим $\lambda = P_1/P_2 = 400/132{,}5 = 3{,}02$;

$2 < 3{,}02 < 7$, поэтому на низких частотах кривая снижения приведенного уровня ударного шума описывается уравнением $\Delta L_1 = 40 \lg (f/f_0)$, дБ. Для построения этой части кривой проводим из точки $f_0 = 71$ Гц прямую с наклоном 12 дБ на октаву.

Далее определяем величину снижения приведенного уровня ударного шума ΔL_3 на средних и высоких частотах:

$$\Delta L_3 = 20 \lg (f/f_0) + 10 \lg (P_2/P_c) - 3 = 20 \lg (f/71) + 10 \lg (132{,}5/5) - 3 =$$
$$= 20 \lg (f/71) + 11{,}2.$$

На рисунке, подобном рисунку 12.1, из точки $f_0 = 71$ Гц на оси абсцисс откладываем вертикально вверх отрезок, равный 11,2 дБ, и проводим через его конец (точку А) прямую с наклоном 6 дБ на октаву.

Прямые ΔL_1 и ΔL_3 пересекаются в точке Б. Левее точки Б действует прямая ΔL_1 , а правее прямая ΔL_3. Значения суммарной прямой $\Delta L_{\text{сум.}}$ приведены в таблице В.5. В этой же таблице приведен нормативный спектр $\Delta L_{\text{т}}$ и приведен расчет поправки $\Delta L_{\text{у}}$, дБ.

Таблица В.5 – Вычисление поправки $\Delta L_{\text{у}}$, дБ

Частота, Гц	**Расчетные значения $\Delta L_{\text{сум.}}$, дБ**	**Требуемые значения $\Delta L_{\text{тр.}}$, дБ**	**Неблагоприятные отклонения расчетных значений от требуемых значений $\Delta L_{\text{сум.}} - \Delta L_{\text{тр.}}$, дБ**	**Кривая требуемых значений, сдвинутая вверх на 17 дБ**	**Неблагоприятные отклонения расчетных значений от сдвинутой кривой требуемых значений $\Delta L_{\text{сум.}} - \Delta L_{\text{тр.}}$, дБ**
100	6	–	6	5	0
125	10	–	10	9	0
160	14	–	14	13	0
200	18	–	18	17	0
250	21	–	17	21	0
315	23	4	15	25	–2
400	25	6	15	27	–2
500	27	8	15	29	–2
630	29	10	15	31	–2
800	31	12	15	33	–2
1000	33	14	15	35	–2

Частота, Гц	**Расчетные значения $\Delta L_{\text{сум.}}$, дБ**	**Требуемые значения** $\Delta L_{\text{тр.}}$, дБ	**Неблагоприятные отклонения расчетных значений от требуемых значений $\Delta L_{\text{сум.}} - \Delta L_{\text{тр.}}$, дБ**	**Кривая требуемых значений, сдвинутая вверх на 17 дБ**	**Неблагоприятные отклонения расчетных значений от сдвинутой кривой требуемых значений $\Delta L_{\text{сум.}} - \Delta L_{\text{тр.}}$, дБ**
1250	35	16	15	37	–2
1600	37	18	15	39	–2
2000	39	20	15	41	–2
2500	41	22	15	43	–2
3150	43	24	15	45	–2
Сумма неблагоприятных отклонений Индекс снижения уровня ударного шума					$\Sigma = 22 < 32$ $L_{nw} = 60 - 21 = 39$ дБ

Заключение

Применение настоящего Методического пособия, содержащего сведения о расчете и проектировании типовых технических решений по звукоизоляции перекрытий с плавающими полами, подвесными потолками, по звукоизоляции стен и перегородок, дает проектировщикам механизм для более грамотного и рационального проектирования звукоизоляции в соответствии с положениями, заложенными в строительных нормах и правилах. Это позволит повысить качество выполняемых проектных работ, сократить сроки и снизить стоимость проектирования и строительства за счет использования типовых практических подходов к выполнению работ на основе унифицированных методик и технологий, а также станет основой для проведения независимых экспертных оценок выполненных работ. В конечном итоге все это позволит снизить риски просчетов при проектировании звукоизоляции строительных ограждений и обеспечить нормативные, акустически благоприятные условия труда, проживания и отдыха населения городов и других видов поселений.

gost.e-ecolog.ru