ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ЕН 12354-2– 2012

Акустика зданий

МЕТОДЫ РАСЧЕТА АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 2

Звукоизоляция ударного шума между помещениями

EN 12354-2:2000 Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 2: Impact sound insulation between rooms

(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0 – 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 358 «Акустика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 г. №

4 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту ЕН 12354-2:2000 «Акустика зданий. Оценка акустических характеристик зданий по характеристикам элементов. Часть 2. Звукоизоляция ударного шума между помещениями» (EN 12354-2:2000 «Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2. Impact sound insulation between rooms»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок– в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2013

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения .....
2 Нормативные ссылки .....
3 Термины и определения .....
4 Модели расчета.....
4.1 Общие положения.....
4.2 Полная расчетная модель .....
4.3 Упрощенная модель .....
5 Точность расчетов.....
Приложение А (обязательное) Перечень основных обозначений.....
Приложение В (справочное) Однородные полы.....
Приложение С (справочное) Плавающие полы.....
Приложение D (справочное) Лабораторные измерения косвенной звукопередачи.....
Приложение Е (справочное) Пример расчета.....
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации .....
Библиография .....

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Акустика зданий

Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов

Часть 2. Звукоизоляция ударного шума между помещениями

Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2. Impact sound insulation between rooms

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает расчетные методы оценки звукоизоляции ударного шума, распространяющегося в зданиях между помещениями, прежде всего на основе результатов измерений, характеризующих прямую или косвенную передачу звука (далее – звукопередача) строительными элементами, а также на основе теории распространения звука в строительных конструкциях.

Основной расчет выполняют в частотных полосах, по значениям характеристик в которых рассчитывают оценку одним числом акустических характеристик зданий. Упрощенная модель, имеющая ограниченную область применения, непосредственно следует из данной оценки на основе оценок для строительных элементов.

Настоящий стандарт устанавливает основные принципы построения расчетных схем, определяет область их применения с соответствующими ограничениями, устанавливает перечень используемых величин. Стандарт предназначен для экспертов в области акустики и служит основой для разработки документов и программных средств для специалистов в строительстве с учетом региональных требований.

В расчетных моделях используются связи расчетных значений с измеряемыми величинами, определяющими характеристики строительных элементов. В стандарте указаны ограничения по применению рассматриваемых расчетных моделей. Пользователям, однако, следует знать о существовании других моделей расчета, имеющих иные область применения и ограничения.

Расчетные модели основаны на опыте прогнозирования акустических характеристик жилых помещений, но они могут использоваться также для других ти-

пов зданий при условии, что строительные системы и размеры элементов не слишком отличаются от применяемых в жилых зданиях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Недатированную ссылку относят к последней редакции ссылочного стандарта, включая его изменения.

ЕН ИСО 140-1* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 1. Требования к лабораторному испытательному оборудованию с подавлением побочных путей распространения звука (EN ISO 140-1, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission)

ЕН ИСО 140-3* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 3. Лабораторные измерения звукоизоляции воздушного шума элементами зданий (EN ISO 140-3, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurement of airborne sound insulation of building elements)

ЕН ИСО 140-6* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 6. Лабораторные измерения звукоизоляции ударного шума полами (ISO 140-6, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors)

ЕН ИСО 140-7 Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 7. Измерение звукоизоляции ударного шума полами в натурных условиях (EN ISO 140-7, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors)

ЕН ИСО 140-8* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 8. Лабораторные измерения снижения передачи ударного шума напольными покрытиями на тяжелом стандартном полу (EN ISO 140-8, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements –

---

* Серия европейских стандартов ЕН ИСО 140 (части 1, 3, 6, 8) отменены с заменой на серию стандартов ЕН ИСО 10140 (части 1 – 5). Если требования отмененных ссылочных стандартов эквивалентны требованиям заменяющих стандартов, то последние указаны далее в сносках.

Part 6: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor)

ЕН ИСО 140-12* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть12. Лабораторные измерения звукоизоляции распространяющегося между помещениями воздушного и ударного шума фальшполом (EN ISO 140-12, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 12: Laboratory measurement of room-to-room airborne and impact sound insulation of an access floor)

ЕН ИСО 717-1 Акустика. Нормирование звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 1. Звукоизоляция воздушного шума (EN ISO 717-1, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation)

ЕН ИСО 717-2 Акустика. Нормирование звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 2. Звукоизоляция ударного шума (EN ISO 717-2, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation)

ЕН 12354-1:2000 Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 1. Звукоизоляция воздушного шума между помещениями (EN 12354-1:2000, Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms)

ЕН ИСО 10848-1:2006 Акустика. Лабораторные измерения косвенной передачи воздушного и ударного шума между смежными помещениями. Часть 1. Основные положения (EN ISO 10848-1:2006, Acoustics – Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact sound between adjoining rooms – Part 1: Frame document)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Величины, характеризующие акустические свойства зданий

Звукоизоляция ударного шума между помещениями в соответствии с ЕН ИСО 140-7 выражается двумя взаимосвязанными величинами. Данные вели-

* Европейский стандарт ЕН ИСО 140-12:2000 отменен с заменой на ЕН ИСО 10848-2:2006.

чины определяют в полосах частот (третьоктавных или октавных), по которым в соответствии с ЕН ИСО 717-2 определяют оценку одним числом, например $L'_{n,w}$, $L'_{nT,w}$ или $\left(L'_{nT,w}+C_I\right)$.

3.1.1 приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума (normalized impact sound pressure level) L'_n, **дБ**: Уровень звукового давления ударного шума с учетом косвенной звукопередачи и поправки на эквивалентную площадь звукопоглощения приемного помещения*, рассчитываемый по формуле

$$L'_n = L_i + 10\lg\frac{A}{A_0}, \qquad (1)$$

где L_i – средний уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении, дБ;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения приемного помещения, м^2;

A_0 – стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения (для жилых помещений A_0 = 10 м^2).

Примечание – Данные величины определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-7.

3.1.2 стандартизованный фактический уровень звукового давления ударного шума (standardized impact sound pressure level) L'_{nT}, **дБ**: Уровень звукового давления ударного шума с учетом косвенной звукопередачи, соответствующий времени реверберации приемного помещения, рассчитываемый по формуле

$$L'_{nT} = L_i - 10\lg\frac{T}{T_0}, \qquad (2)$$

где T – время реверберации приемного помещения, с;

T_0 – стандартное время реверберации (для жилых помещений $T_0 = 0{,}5$ с).

Примечание – Данные величины определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-7.

---

* Помещение, в котором распложен источник шума, называют помещением источника. Помещение, в котором контролируют (измеряют) уровень шума, называют приемным помещением. Стену (пол или потолок), отделяющую приемное помещение от помещения источника, называют разделительным элементом.

3.1.3 Связь между величинами

Связь между величинами L'_{nT} и L'_n определяется формулой

$$L'_{nT} = L'_n - 10\lg\frac{0{,}16V}{A_0 T_0} = L'_n - 10\lg 0{,}032V\,, \qquad (3)$$

где V – объем приемного помещения, м^3.

Достаточно оценить одну из этих величин, чтобы определить другую. В настоящем стандарте основной величиной, подлежащей оценке, является приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума L'_n.

3.2 Акустические характеристики элементов

Акустические характеристики элементов зданий используют в качестве исходных данных для оценки характеристик зданий. Эти величины определяют в третьоктавных полосах частот, а также при необходимости в октавных полосах. Оценки одним числом характеристик элемента, например $L_{n,w}(C_I)$, $\Delta L_w(C_{Dn})$ или ΔL_{Dw} и $R_w(C;C_{tr})$, могут быть определены в соответствии с ЕН ИСО 717-2.

3.2.1 приведенный уровень звукового давления ударного шума (normalized impact sound pressure level) L_n, **дБ**: Уровень звукового давления ударного шума с учетом поправки на эквивалентную площадь звукопоглощения приемного помещения, рассчитываемый по формуле

$$L_n = L_i + 10\lg\frac{A}{A_0}\,, \qquad (4)$$

где L_i – средний уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении, созданный с использованием стандартной ударной машины в соответствии с ЕН ИСО 140-7, дБ;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения приемного помещения, м^2;

A_0 – стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения (A_0 = 10 м^2).

Примечание – Данные величины определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-6*.

3.2.2 снижение уровня звукового давления ударного шума (reduction of impact sound pressure level) ΔL**, **дБ**: Снижение приведенного уровня звукового

---

* Следует применять ЕН ИСО 10140-3.

** Данную величину называют также улучшением звукоизоляции ударного шума.

давления ударного шума в результате применения испытуемого напольного покрытия, рассчитываемое по формуле

$$\Delta L = L_{no} - L_n, \qquad (5)$$

где L_{no} – приведенный уровень звукового давления ударного шума без напольного покрытия, дБ;

L_n – приведенный уровень звукового давления ударного шума с напольным покрытием, дБ.

Примечание – Данные величины определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-8*.

3.2.3 снижение уровня звукового давления ударного шума слоем (reduction of impact sound pressure level by layer) ΔL_a, **дБ**: Снижение уровня звукового давления ударного шума дополнительным слоем на разделительном элементе (полу) со стороны приемного помещения.

Примечание – Данную величину определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-8**.

3.2.4 приведенный уровень звукового давления побочного ударного шума (normalized flanking impact sound pressure level) $L_{n,f}$, **дБ**: Средний уровень звукового давления шума в приемном помещении, созданного стандартной ударной машиной при ее размещении в различных позициях в помещении источника, с учетом поправки на эквивалентную площадь звукопоглощения приемного помещения, рассчитываемый по формуле

$$L_{n,f} = L_1 + 10\lg\frac{A}{A_0}, \qquad (6)$$

где A_0 = 10 м^2.

Примечание 1 – Рассматривается звукопередача только через известные побочные элементы, например фальшпол.

Примечание 2 – Данную величину определяют в соответствии с ЕН ИСО 10848-1.

Примечание 3 – Определение $L_{n,f}$ для фальшполов – по ЕН ИСО 140-12***.

---

* Следует применять ЕН ИСО 10140-1.
** Следует применять ЕН ИСО 10140-1.
*** Следует применять ЕН ИСО 10848-2.

3.2.5 звукоизоляция [элемента] (sound reduction index) R, **дБ**: Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности W_1, падающей на испытуемый элемент к звуковой мощности W_2, прошедшей через него

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}. \quad (7)$$

Примечание – Данную величину определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-3*.

3.2.6 улучшение звукоизоляции (sound reduction improvement index) ΔR, **дБ**: Разность между звукоизоляцией базового структурного элемента при наличии и отсутствии на нем дополнительного слоя (например, подвесного потолка).

Примечание – В ЕН 12354-1 (приложение D) приведены сведения по определению данной величины и примеры ее использования.

3.2.7 индекс снижения вибрации (vibration reduction index) K_{ij}, **дБ**: Величина, характеризующая передачу вибрационной мощности через соединение элементов i и j и нормированная с целью придания ей инвариантности по отношению к размерам элементов, определяемая средней по направлению разностью уровней скорости через соединение, отнесенной к его длине и эквивалентной длине поглощения обоих элементов, если применимо, по формуле

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}}, \quad (8)$$

где $D_{v,ij}$ – разность уровней скорости в соединении элементов i и j при возбуждении элемента i, дБ;

$D_{v,ji}$ – разность уровней скорости в соединении элементов j и i при возбуждении элемента j, дБ;

l_{ij} – длина соединения элементов i и j, м;

a_i – эквивалентная длина поглощения элемента i,;

a_j – эквивалентная длина поглощения элемента j, м.

Примечание 1 – Эквивалентную длину поглощения рассчитывают по формуле

$$a = \frac{2{,}2\pi^2 S}{c_0 T_1} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}, \quad (9)$$

* Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

где T_s – время структурной реверберации элемента i или j, с;

S – площадь элемента i или j, м^2;

f – среднегеометрическая частота, Гц;

f_{ref} – опорная частота, равная 1000 Гц;

c_0 – скорость звука в воздухе, м/с.

Примечание 1 – Эквивалентная длина поглощения элемента – условная суммарная длина поглощающего края элемента в предположении, что его критическая частота равна 1000 Гц, обеспечивающая потери, равные реальным суммарным потерям рассматриваемого элемента в данной ситуации.

Примечание 2 – Величину K_{ij} определяют в соответствии с ЕН ИСО 10848-1.

Примечание 3 – Значение данной величины может быть принято в соответствии с приложением Е настоящего стандарта или определено по имеющимся данным о разности уровней скорости в соединении в соответствии с указанным приложением.

3.2.8 Другие характеристики элементов

Дополнительными данными при расчетах являются:

- поверхностная плотность элемента, кг/м^2;
- тип элемента;
- материал;
- тип соединения.

3.3 Другие термины и величины

3.3.1 прямая звукопередача (direct transmission): Излучение (в приемное помещение) шума разделительным элементом, обусловленное его ударным возбуждением и звуковым воздействием на него в помещении источника.

3.3.2 косвенная структурная звукопередача *(фланкирующая звукопередача)* [indirect structure-borne transmission (flanking transmission)]: Передача звуковой энергии из помещения источника в приемное помещение по побочным путям (в основном по конструкциям здания, например стенам, полам, потолкам).

3.3.3 средняя по направлениям разность уровней скорости в соединении (direction-averaged junction velocity level difference) $\bar{D}_{v,ij}$, **дБ**: Среднее

значение разности уровней скорости от элемента i к j и от j к i, рассчитываемая по формуле

$$D_{v,ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2}. \quad (10)$$

3.3.4 приведенный уровень звукового давления ударного шума для косвенной звукопередачи (flanking normalized impact sound pressure level) $L_{n,ij}$, **дБ**: Средний уровень звукового давления шума, излученного в приемное помещение строительным элементом j за счет ударного возбуждения элемента i (пола) в помещении источника, с учетом поправки на эквивалентную площадь звукопоглощения приемного помещения.

Обозначения величин, используемые в настоящем стандарте, приведены в приложении А.

4 Модели расчета

4.1 Общие положения

Звуковая мощность в приемном помещении создается излучением каждого его структурного элемента, которое в свою очередь обусловлено передачей на эти элементы колебаний, вызванных ударом по структурному элементу в помещении источника. Предполагается, что звукопередача по каждому из путей может считаться независимой и что звуковые и вибрационные поля подчиняются статистическим закономерностям. Поэтому приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума L'_n может быть получен путем суммирования энергии, передаваемой по каждому пути. На рисунке 1 представлены пути звукопередачи, где d – прямой путь звукопередачи ударного шума, f – косвенной звукопередачи ударного шума. Значение L'_n рассчитывают по формуле

$$L'_n = 10\lg\left(10^{L_{n,d}/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,f}/10}\right), \quad (11)$$

где $L_{n,d}$ – приведенный уровень звукового давления ударного шума для прямой звукопередачи, дБ;

$L_{n,ij}$ – приведенный уровень звукового давления ударного шума для косвенной звукопередачи, дБ;

n – число боковых элементов в помещении.

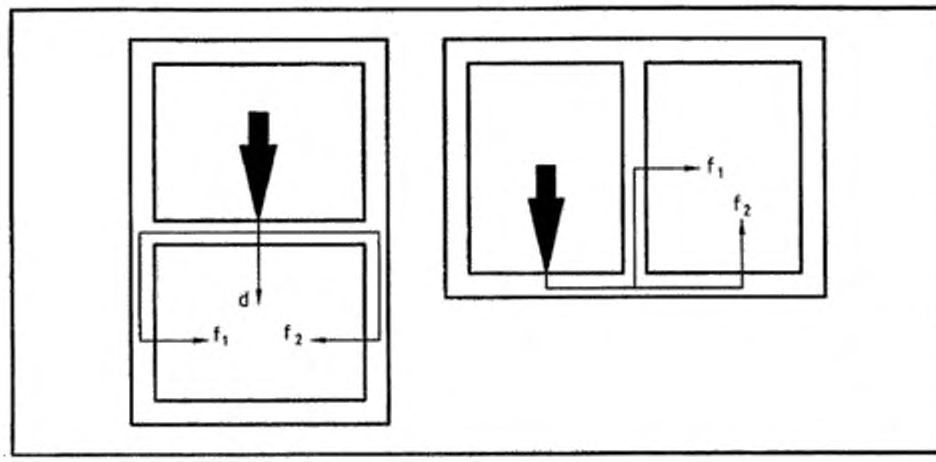


Рисунок 1 – Определение путей звукопередачи между двумя помещениями, расположенными один над другим и рядом друг с другом*

Для смежных помещений приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума L'_n в приемном помещении рассчитывают по формуле

$$L'_n = 10\lg \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,j}/10}. \quad (12)$$

Примечание 1 – В обычных ситуациях число учитываемых боковых элементов в случае расположения помещений друг над другом равно $n = 4$; для соседних помещений $n = 2$.

В полной расчетной модели акустические характеристики здания в полосах частот рассчитывают на основе акустических характеристик элементов здания в полосах частот (третьоктавных или октавных). Расчет должен проводиться для октавных полос в диапазоне как минимум от 125 до 2000 Гц, для третьоктавных полос – от 100 до 3150 Гц. Оценку одним числом рассчитывают на основе данных в полосах в соответствии с ЕН ИСО 717-2.

Примечание 2 – Данные расчеты могут быть выполнены для частот вне указанных диапазонов при наличии соответствующих данных об элементах. Однако в настоящее время отсутствуют сведения о точности расчетов для расширенного, особенно в низкочастотную область, диапазона частот.

Полная расчетная модель рассмотрена в 4.2.

---

* Следует отметить, что в настоящем стандарте определен иной по сравнению с ЕН 12354-1 принцип разделения звукопередачи на прямой и косвенный пути. Согласно ЕН 12354-1 путь f_1 в правой части рисунка 1 является прямым и должен был бы обозначаться символом d.

В упрощенной модели акустическую характеристику здания рассчитывают в виде оценки одним числом на основе аналогичных оценок акустических характеристик соответствующих элементов.

Упрощенная модель рассмотрена в 4.3.

4.2 Полная расчетная модель

4.2.1 Исходные данные

Звукопередача по каждому из путей может быть определена на основе:

- приведенного уровня звукового давления ударного шума L_n пола;

- снижения уровня звукового давления ударного шума ΔL напольным покрытием;

- снижения уровня звукового давления ударного шума (улучшение звукоизоляции ударного шума) ΔL_i дополнительным слоем на разделительном элементе i (полу) со стороны приемного помещения;

- звукоизоляции R_i элемента i (пола) помещения источника;

- звукоизоляции R_j бокового элемента j приемного помещения для прямой звукопередачи;

- улучшения звукоизоляции ΔR_j дополнительными слоями побочного элемента j приемного помещения;

- лабораторного времени структурной реверберации элемента $T_{s,lab}$;

- индекса снижения вибрации K_{ij} для пути ij звукопередачи через соединение элемента i (пола) и элемента j;

- площади S_i возбужденного элемента (пола);

- площади S_j бокового (излучающего) элемента j приемного помещения;

- длины соединения l_{ij} элемента i (пола) и бокового элемента j.

Информация о приведенном уровне звукового давления ударного шума для распространенных типов однородных полов приведена в пункте В.1 приложения В.

Информация об улучшении звукоизоляции ударного шума для распространенных видов напольных покрытий приведена в приложении С.

Информация о звукоизоляции для распространенных однородных элементов представлена в ЕН 12354-1 (приложение В).

Информация об улучшении звукоизоляции представлена в ЕН 12354-1 (приложение D).

Информация об индексе снижения вибрации для распространенных соединений представлена в ЕН 12354-1 (приложение Е).

4.2.2 Преобразование исходных данных в величины, применяемые в натурных условиях

До определения фактической звукопередачи акустические параметры элементов (разделительных и боковых, дополнительных слоев и покрытий, стыков и узлов) должны быть преобразованы в величины, применяемые в натурных условиях.

Приведенный уровень звукового давления ударного шума в натурных условиях $L_{n,situ}$, дБ, и звукоизоляцию в натурных условиях R_{situ}, дБ, рассчитывают по формулам:

$$L_{n,situ} = L_n + 10\lg\frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}}, \quad (13)$$

$$R_{situ} = R - 10\lg\frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}}, \quad (14)$$

где $T_{s,situ}$ – время структурной реверберации элемента в натурных условиях, с;

$T_{s,lab}$ – время структурной реверберации элемента в лабораторных условиях, с.

Звукоизоляция элементов R, образующих какой-либо из путей косвенной звукопередачи (включая разделительный элемент), связана с резонансной звукопередачей. Из-за нерезонансной звукопередачи в низкочастотной области звукоизоляция в лабораторных условиях определяется резонансной звукопередачей лишь на частотах выше критической частоты. Если звукоизоляцию рассчитывают на основе свойств материалов, то в заданном диапазоне частот рекомендуется учитывать только резонансную звукопередачу.

Время структурной реверберации элемента в натурных условиях $T_{s,situ}$ следует считать равным $T_{s,lab}$ (что обеспечивает коррекцию 0 дБ) для следующих конструктивных элементов:

- легкие двухслойные элементы, например стены с деревянным или металлическим каркасом;

- элементы с коэффициентом внутренних потерь свыше 0,03;

- элементы, которые намного легче окружающих структурных элементов (не менее, чем в три раза);

- элементы, не имеющие жесткого соединения с соседними структурными элементами.

В других случаях время структурной реверберации как для лабораторных, так и для натурных условий следует определять в соответствии с ЕН 12354-1 (приложение С).

Примечание 1 – Для всех типов элементов в первом приближении коррекцию можно считать равной 0 дБ.

Для дополнительных слоев и покрытий в качестве приближенных значений величин, используемых в натурных условиях, могут быть взяты их лабораторные значения:

$$\Delta R_{situ} = \Delta R;$$
$$\Delta L_{situ} = \Delta L; \qquad (15)$$
$$\Delta L_{d,situ} = \Delta L_d.$$

Если соответствующие данные для снижения уровня звукового давления ударного шума ΔL_d подвесным потолком в приемном помещении отсутствуют, то может быть использовано улучшение звукоизоляции ΔR.

Звукопередача через соединения элементов в натурных условиях характеризуется средней по направлениям разностью уровней скорости в соединении $\overline{D_{v,ij,situ}}$, дБ. Из определения индекса снижения вибрации следует

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = K_{ij} - 10\lg\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ}a_{j,situ}}} \text{ дБ}; \ \overline{D_{v,ij,situ}} \geq 0, \qquad (16)$$

причем

$$a_{i,situ} = \frac{2{,}2\pi^2 S_i}{c_0 T_{i,i,situ}}\sqrt{\frac{f_{ref}}{f}},$$
$$a_{j,situ} = \frac{2{,}2\pi^2 S_j}{c_0 T_{i,j,situ}}\sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}, \qquad (17)$$

где $a_{i,situ}$ – эквивалентная длина поглощения элемента i в натурных условиях, м;

$a_{j,situ}$ – эквивалентная длина поглощения элемента j в натурных условиях, м;

f – среднегеометрическая частота полосы частот, Гц;

f_{ref} – опорная частота, f_{ref}=1000 Гц;

c_0 – скорость звука в воздухе, м/с;

l_{ij} – длина соединения элементов i и j, м;

S_i – площадь элемента i, м^2;

S_j – площадь элемента j, м^2;

$T_{i,i,situ}$ – время структурной реверберации элемента i в натурных условиях, с;

$T_{i,j,situ}$ – время структурной реверберации элемента j в натурных условиях, с.

Эквивалентная длина поглощения элемента в натурных условиях a_{situ} принята равной численному значению площади элемента, т. е. $a_{i,situ} = S_i / l_0$ и/или $a_{j,situ} = S_j / l_0$, где $l_0 = 1$ м, для следующих строительных элементов:

- легкие двухслойные конструкции, такие как обшитые древесиной или металлом каркасные стены;

- элементы с коэффициентом внутренних потерь, превышающим 0,03;

- элементы, которые намного легче (не менее чем в три раза) окружающих структурных элементов;

- элементы, не имеющие жесткого соединения с соседними структурными элементами.

В других случаях следует учитывать время структурной реверберации в натурных условиях [см. ЕН 12354-1 (приложение С)].

Примечание 2 – Для всех типов элементов в качестве первого приближения эквивалентная длина поглощения элемента в натурных условиях может быть принята равной $a_{i,situ} = S_i / l_0$ и $a_{j,situ} = Sj / l_0$, где $l_0 = 1$ м. Если при этом индекс снижения вибрации принимает значение менее минимального $K_{ij,min}$, то следует использовать данное минимальное значение, которое рассчитывают по формуле

$$K_{ij,min} = 10 \lg \left[l_{ij} l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right], \quad (18)$$

где ij = *Ff*, *Fd* или *Df*.

4.2.3 Определение прямой и косвенной звукопередачи в натурных условиях

Приведенный уровень звукового давления ударного шума при прямой звукопередаче рассчитывают по корректированным исходным данным по формуле

$$L_{n,d} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} - \Delta L_{d,situ}. \qquad (19)$$

Приведенный уровень звукового давления ударного шума при косвенной звукопередаче от разделительного элемента i (пола) к боковому элементу j рассчитывают по корректированным исходным данным по формуле

$$L_{n,ij} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} + \frac{R_{i,situ} - R_{j,situ}}{2} - \Delta R_{j,situ} - \overline{D_{ij,situ}} - 10\lg\sqrt{\frac{S_i}{S_j}}, \qquad (20)$$

где S_i – площадь возбужденного элемента i (пола), м^2;

S_j – площадь бокового излучающего элемента j в приемном помещении, м^2.

Примечание – Для полов определенного вида, например фальшпола, играющих роль боковых элементов, основным путем звукопередачи будет *Ff* (влияние пути *Fd* является незначительным). В таком случае можно определять косвенную звукопередачу для такой конструкции в целом путем лабораторных измерений (см. приложение D).

4.2.4 Особенности расчета для совокупности разнотипных элементов

Сведения по расчету характеристик соединений совокупности элементов различного типа приведены в ЕН 12354-1.

4.2.5 Ограничения

Следует принимать во внимание следующие ограничения полной расчетной модели:

- модель применима только к комбинациям элементов, для соединения которых индекс снижения вибрации известен или может быть оценен по известным величинам;

- элементы должны обладать приблизительно одинаковыми характеристиками излучения для обеих сторон;

- если путь звукопередачи включает в себя более одного соединения, то его вклад в результирующий уровень звукового давления ударного шума не учитывают;

- снижение уровня звукового давления ударного шума ΔL, измеренное на массивном полу в соответствии с ЕН ИСО 140-8*, недействительно для деревянных и других легких составных полов.

4.3 Упрощенная модель

4.3.1 Методика расчета

Упрощенная модель расчета позволяет прогнозировать индекс приведенного уровня ударного шума в приемном помещении на основе значений индекса приведенного уровня ударного шума участвующих в звукопередаче элементов, определяемых в соответствии с методикой ЕН ИСО 717-2**. Упрощенная модель может быть применена для помещений, расположенных друг над другом с однородным основным полом. Влияние структурного демпфирования учитывают в среднем, пренебрегая особенностями натурных условий. Косвенную звукопередачу оценивают в целом на основе расчетов для полной расчетной модели.

Индекс приведенного фактического уровня ударного шума $L'_{n,w}$ рассчитывают по формуле

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K, \qquad (21)$$

где K - коррекция для косвенной звукопередачи ударного шума однородными боковыми конструкциями, дБ, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Коррекция K, дБ, для косвенной звукопередачи

Поверхностная плотность разделительного элемента (пола), кг/м^2	Средняя поверхностная плотность однородных боковых элементов, не покрытых дополнительными слоями, кг/м^2								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0

* Следует применять ЕН ИСО 10140-1 и ЕН ИСО 10140-4.

** Вместо примененного в ЕН 12354-2 термина «корректированный приведенный уровень звукового давления ударного шума» (weighted normalized impact sound pressure level) в настоящем стандарте использован термин «индекс приведенного уровня ударного шума», введенный в СП 51.13330.2011 «Защита от шума» для величины $L_{n,w}$.

Окончание таблицы 1

Поверхностная плотность разделительного элемента (пола), кг/м^2	Средняя поверхностная плотность однородных боковых элементов, не покрытых дополнительными слоями, кг/м^2								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Если одна или несколько массивных боковых конструкций покрыты дополнительными слоями (например, облицованная стена) с резонансной частотой f_0 < 125 Гц, то в соответствии с ЕН 12354-1 (D.2, приложение D) при расчете значения средней массы поверхностную плотность облицованных элементов не учитывают.

Примечание – Коррекция K, выражающая влияние косвенной звукопередачи, может быть определена и для других конфигураций помещений, а не только для расположенных друг над другом.

4.3.2 Исходные данные

Значения акустических характеристик рассматриваемых элементов принимают, прежде всего, по результатам стандартных лабораторных измерений. Однако они могут быть определены также и другими способами: теоретическими расчетами, эмпирическими оценками или натурными измерениями. Соответствующие сведения приведены в некоторых приложениях к настоящему стандарту. Используемые источники данных должны быть указаны.

Исходные данные включают в себя:

- эквивалентный индекс приведенного уровня ударного шума основного пола $L_{n,w,eq}$.

Индекс приведенного уровня ударного шума основного тяжелого пола определяют по частотной характеристике приведенного уровня звукового давления ударного шума методом по ЕН ИСО 717-2 (приложение В);

- индекс улучшения изоляции ударного шума напольным покрытием ΔL_w.

Данную оценку одним числом акустических характеристик напольных покрытий (плавающие полы или мягкие напольные покрытия) определяют методом по ЕН ИСО 717-2 (раздел 5).

Сведения об эквивалентном индексе приведенного уровня ударного шума $L_{n,w,eq}$ для распространенных конструкций однородного пола приведены в пункте В.2 приложения В, об индексе улучшения изоляции ударного шума ΔL_w плавающими полами – в пункте С.2 приложения С.

4.3.3 Ограничения

Следует принимать во внимание следующие ограничения упрощенной расчетной модели:

- модель применима только для однородных строительных конструкций (кладка и/или бетон) с плавающими полами или мягкими покрытиями по однородному полу;

- модель применима только для помещений, расположенных друг над другом, и для жилых помещений стандартных размеров.

5 Точность расчетов

С помощью расчетов в соответствии с рассматриваемыми моделями можно прогнозировать акустические характеристики зданий при достаточной для этого квалификации персонала и высокой точности измерений. Точность расчета зависит от точности исходных данных, соответствия натурных условий модели, типа элементов и их соединений, геометрической конфигурации и качества изготовления элементов зданий. Поэтому не представляется возможным установить точность расчетов для всех случаев. Данные, относящиеся к точности расчетов, должны накапливаться с целью последующего сравнения результатов модельных расчетов с натурными измерениями. Однако некоторые показатели могут быть установлены достоверно.

Основной опыт применения рассматриваемых моделей в настоящее время относится к зданиям, основные структурные элементы в которых являются однородными, например кирпичные стены, бетонные и гипсовые блоки т. д. Для вертикальной звукопередачи ударного шума оценку одним числом определяют со стандартным отклонением в 2 дБ. Для горизонтальной звукопередачи расчетные оценки одним числом имеют смещение в пределах от 0 до 5 дБ при стандартном

отклонении около 3 дБ. Предполагается, что смещения обусловлены в основном неучетом влияния времени структурной реверберации.

Примеры расчета с помощью упрощенной модели показывают, что около 60 % прогнозируемых значений отклоняются не более чем на ± 2 дБ и 100 % – не более чем на ± 4 дБ от измеренных значений. В настоящее время отсутствует опыт устранения косвенной звукопередачи ударного шума, который, как полагают, позволил бы повысить точность модели для распространенных натурных условий.

При прогнозировании целесообразно варьировать исходные данные, если имеются сомнения относительно их достоверности, особенно в сложных ситуациях с нетипичными элементами. При надлежащем выполнении указанные меры приводят к ожидаемой точности результатов.

Приложение А
(обязательное)
Перечень основных обозначений

Таблица А.1 – Обозначения

Обозначение	Физическая величина	Ед. изм.
a	Эквивалентная длина поглощения элемента	м
a_{situ}	Эквивалентная длина поглощения элемента в натурных условиях	м
A	Эквивалентная площадь звукопоглощения приемного помещения	$м^2$
A_0	Стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения жилых помещений, равная 10 $м^2$	$м^2$
c_0	Скорость звука в воздухе, равная 340 м/с	м/с
c_L	Скорость продольных волн в материале	м/с
C_I	Коэффициент согласования спектра ударного шума в соответствии с ЕН ИСО 717-2	дБ
$C_{I,\Delta}$	Коэффициент согласования спектра снижения ударного шума напольными покрытиями в соответствии с ЕН ИСО 717-2 (приложение А)	дБ
$D_{v,ij}$	Разность уровней скорости в соединении элементов i и j при возбуждении элемента i	дБ
$D_{v,ij,situ}$	Средняя по направлениям разность уровней скорости в соединении элементов i и j в натурных условиях	дБ
f	Среднегеометрическая частота	Гц
f_{ref}	Опорная частота, равная 1000 Гц	Гц
i	Индекс для обозначения элементов, образующих путь звукопередачи ij (индекс i относится к элементам *F, D* в помещении источника)	-
j	Индекс для обозначения элементов, образующих путь звукопередачи ij (индекс j относится к элементам *f, d* в приемном помещении)	
K	Коррекция для косвенной звукопередачи	-
K_{ij}	Индекс снижения вибрации для пути ij звукопередачи через соединение элементов i и j	дБ
$K_{ij,min}$	Минимальная величина K_{ij} в натурных условиях	дБ

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Физическая величина	Ед. изм.
L_i	Средний уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении	дБ относительно 20 мкПа
L_n	Приведенный уровень звукового давления ударного шума	дБ относительно 20 мкПа
$L_{n,f}$	Приведенный уровень звукового давления побочного ударного шума	дБ относительно 20 мкПа
$L_{n,situ}$	Приведенный уровень звукового давления ударного шума в натурных условиях	дБ относительно 20 мкПа
$L_{n,w,eq}$	Эквивалентный индекс приведенного уровня ударного шума	дБ относительно 20 мкПа
L'_n	Приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума	дБ относительно 20 мкПа
$L'_{n,w}$	Индекс приведенного фактического (с учетом косвенной звукопередачи) уровня ударного шума (ЕН ИСО 717-2)	дБ относительно 20 мкПа
$L'_{n,T}$	Стандартизованный фактический (с учетом косвенной звукопередачи) уровень звукового давления ударного шума	дБ относительно 20 мкПа
$L'_{n,d}$	Приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума для прямой звукопередачи	дБ относительно 20 мкПа
$L'_{n,ij}$	Приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума для косвенной звукопередачи	дБ относительно 20 мкПа
L_2	Средний уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении, обусловленный звукопередачей только по пути *Ff* (для известных боковых элементов)	дБ относительно 20 мкПа
ΔL	Снижение уровня звукового давления ударного шума (улучшение звукоизоляции ударного шума)	дБ
ΔL_{situ}	Снижение уровня звукового давления ударного шума напольным покрытием (улучшение звукоизоляции ударного шума) в натурных условиях	дБ

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Физическая величина	Ед. изм.
ΔL_d	Снижение уровня звукового давления ударного шума (улучшение звукоизоляции ударного шума) дополнительным слоем на разделительном элементе со стороны приемного помещения	дБ
$\Delta L_{d,situ}$	Снижение уровня звукового давления ударного шума (улучшение звукоизоляции ударного шума) дополнительным слоем на разделительном элементе со стороны приемного помещения в натурных условиях	дБ
ΔL_w	Индекс улучшения изоляции ударного шума напольным покрытием или плавающим полом (см. ЕН ИСО 717-2)	дБ
ΔL_{lin}	Линейное снижение уровня звукового давления ударного шума напольным покрытием [см. ЕН ИСО 717-2 (приложение А)]	дБ
l_{ij}	Длина соединения элементов i и j	м
l_{Ef}	Длина соединения боковых элементов F, f и разделительного элемента	м
l_{lab}	Лабораторная константа, взятая в качестве опорного значения для l_{ij}	м
l_0	Опорная длина, равная 1 м	м
m'	Поверхностная плотность элемента	кг/м^2
m'_0	Опорное значение поверхностной плотности, равное 1 кг/м^2	кг/м^2
n	Число боковых элементов в помещении	-
R	Звукоизоляция элемента	дБ
R_{situ}	Звукоизоляция элемента в натурных условиях	дБ
R_i	Звукоизоляции элемента i помещения источника	дБ
$R_{i,situ}$	Звукоизоляция элемента i в натурных условиях	дБ
R_j	Звукоизоляция бокового элемента j приемного помещения для прямой звукопередачи	дБ
$R_{j,situ}$	Звукоизоляция элемента j в натурных условиях	дБ
ΔR_j	Улучшение звукоизоляции дополнительными слоями побочного элемента j приемного помещения	дБ
$\Delta R_{j,situ}$	Улучшение звукоизоляции дополнительными слоями для элемента j в натурных условиях	дБ
S_i	Площадь возбужденного элемента (пола)	м^2

Окончание таблицы А.1

Обозначение	Физическая величина	Ед. изм.
S_j	Площадь излучающего элемента j приемного помещения	$м^2$
S_f	Площадь поверхности возбужденного элемента в натурных условиях	$м^2$
$S_{f,lab}$	Площадь поверхности возбужденного элемента в лабораторных условиях	$м^2$
s'	Динамическая жесткость на единицу площади	$Н/м^3$
T	Время реверберации приемного помещения	с
T_0	Стандартное время реверберации, для жилых помещений равное 0,5 с	с
T_i	Время структурной реверберации (однородного) элемента	с
$T_{i,lab}$	Лабораторное время структурной реверберации (однородного) элемента	с
$T_{i,situ}$	Время структурной реверберации элемента в натурных условиях	с
$T_{i,i,lab}$	Время структурной реверберации элемента i в лабораторных условиях	с
$T_{i,i,situ}$	Время структурной реверберации элемента i в натурных условиях	с
t	Толщина элемента конструкции	м
V	Объем приемного помещения	$м^3$
v^2_i	Среднеквадратичная скорость для элемента i (свободные волны)	$(м/с)^2$
v^2_j	Среднеквадратичная скорость для элемента j (свободные волны)	$(м/с)^2$
W_1	Звуковая мощность шума, падающего на испытуемый элемент в помещении источника	Вт
W_2	Звуковая мощность, излучаемая испытуемым элементом в приемное помещение, обусловленная падением звука на данный элемент в помещении источника	Вт
w	Подстрочный индекс для обозначения оценок одним числом по ЕН ИСО 717	-
ρ	Плотность	$кг/м^3$
σ	Коэффициент излучения свободных изгибных волн	-

Приложение В
(справочное)
Однородные полы

В.1 Приведенный уровень звукового давления ударного шума L_n для однородных конструкций пола

Если результаты измерений приведенного уровня звукового давления ударного шума L_n для однородных полов неизвестны, то расчет в соответствии с 4.2 может быть основан на следующих данных.

Для обычных монолитных полов приведенный уровень звукового давления ударного шума может быть рассчитан в соответствии с [5]. Суммарный коэффициент потерь как важный параметр лаборатории должен быть принят во внимание в соответствии с требованиями ЕН ИСО 140-1*, как указано в ЕН 12354-1 (приложение С).

Для расчета следует применять формулу

$$L_n = L_F + 10\lg\frac{\mathrm{Re}(Y)\sigma}{m'\left[1\ c\cdot м^2/кг^2\right]} + 10\lg\frac{T_s}{[1\ c]} + 10{,}6 \quad . \qquad (В.1)$$

С учетом уровня силы стандартных ударных машин в соответствии с ЕН ИСО 140-6** для третьоктавных полос из формулы (В.1) согласно [1] следует

$$L_n \approx 155 - 30\lg\left[\frac{m'}{1\ кг^2/м^2}\right] + 10\lg\frac{T_s}{[1\ c]} + 10\sigma + 10\lg\frac{f}{f_{ref}} \quad , \qquad (В.2)$$

где L_F – уровень силы ударной машины, дБ (относительно 10^{-6} Н);

m' – поверхностная плотность элемента, кг/м^2;

$\mathrm{Re}(Y)$ – действительная часть податливости пола, с·м^2/кг^2;

σ – коэффициент излучения свободных изгибных волн;

T_s – время структурной реверберации пола, с;

ρ – плотность пола, кг/м^3;

c_L – скорость продольных волн в материале, м/с;

f_{ref} – опорная частота, равная 1000 Гц.

Коэффициент излучения свободных изгибных волн и время структурной реверберации вычисляют в соответствии с ЕН 12354-1 (приложения В и С).

---

* Следует применять ЕН ИСО 10140-5.

** Следует применять ЕН ИСО 10140-3.

Силы ударной машины, воздействующие на пол, уменьшаются на высоких частотах в зависимости от динамической жесткости верхнего слоя пола. Это можно учесть эмпирически.

Использованные при расчете значения характеристик материалов приведены в таблице В.1

Таблица В.1 – Свойства материалов

Материал	Плотность ρ, кг/м^3	Скорость продольных волн в материале c_L, м/с	Коэффициент внутренних потерь материала η
Бетон	2300	3500	0,006
Легкий бетон	1300	1700	0,015

В таблице В.2 представлены значения приведенных уровней звукового давления ударного шума в октавных полосах для монолитных полов, полученные на основе расчетов в соответствии с рассматриваемой моделью по ЕН 12354-1 (приложение С) для лабораторных условий. Данные результаты получены усреднением в октавных полосах соответствующих расчетных значений в третьоктавных полосах частот.

Таблица В.2 – Расчетные значения приведенного уровня звукового давления ударного шума в полосах частот для некоторых монолитных структурных элементов (примеры)

Конструкция	m' кг/м^2	Приведенный уровень звукового давления ударного шума, дБ, в полосах частот, Гц							Индекс приведенного уровня ударного шума $L_{n,w}(C_I)$
		63	125	250	500	1000	2000	4000	
Бетон толщиной 100 мм и стяжка толщиной 20 мм	268	65	73	78	78	78	78	76	80 (-11)
Бетон толщиной 180 мм и стяжка толщиной 50 мм	509	64	60	65	66	67	68	66	69 (-11)
200 мм легкий бетон	260	65	72	78	77	77	76	70	77 (- 9)
300 мм легкий бетон	390	64	68	70	70	70	70	64	71 (- 9)

В силу принципа взаимности сумма звукоизоляции R и приведенного уровня звукового давления ударного шума L_n для однородных конструкций пола зависит только от частоты, если передача ударного возбуждения незначительна [7]. Из-за жесткости верхнего слоя пола такая закономерность, как правило, проявляется для частот до 1 кГц. Таким образом, приведенный уровень звукового давления ударного шума для конструкции пола может быть оценен по его звукоизоляции.

Для расчетов в октавных полосах указанная выше связь выражается формулой

$$R + L_n = 43 + 30\lg\frac{f}{[1Гц]}, \qquad (В.3)$$

где f – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Для расчетов в третьоктавных полосах имеет место соотношение

$$R + L_n = 38 + 30\lg\frac{f}{[1Гц]}, \qquad (В.4)$$

где f – среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц.

В.2 Эквивалентный индекс приведенного уровня ударного шума $L_{n,w,eq}$ для однородных полов

Для однородных полов эквивалентный индекс приведенного уровня ударного шума $L_{n,w,eq}$, применяемый для расчетов по 4.3, может быть рассчитан по поверхностной плотности пола m' (для m' в интервале от 100 до 600 кг/м^2) [8] по формуле

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35\lg\frac{m'}{[1кг/м^2]}. \qquad (В.5)$$

Данная формула применима для однородных бетонных полов. Для полов из легкого или пористого бетона фактические значения будут несколько меньше. На рисунке В.1 изображены однородные конструкции пола.

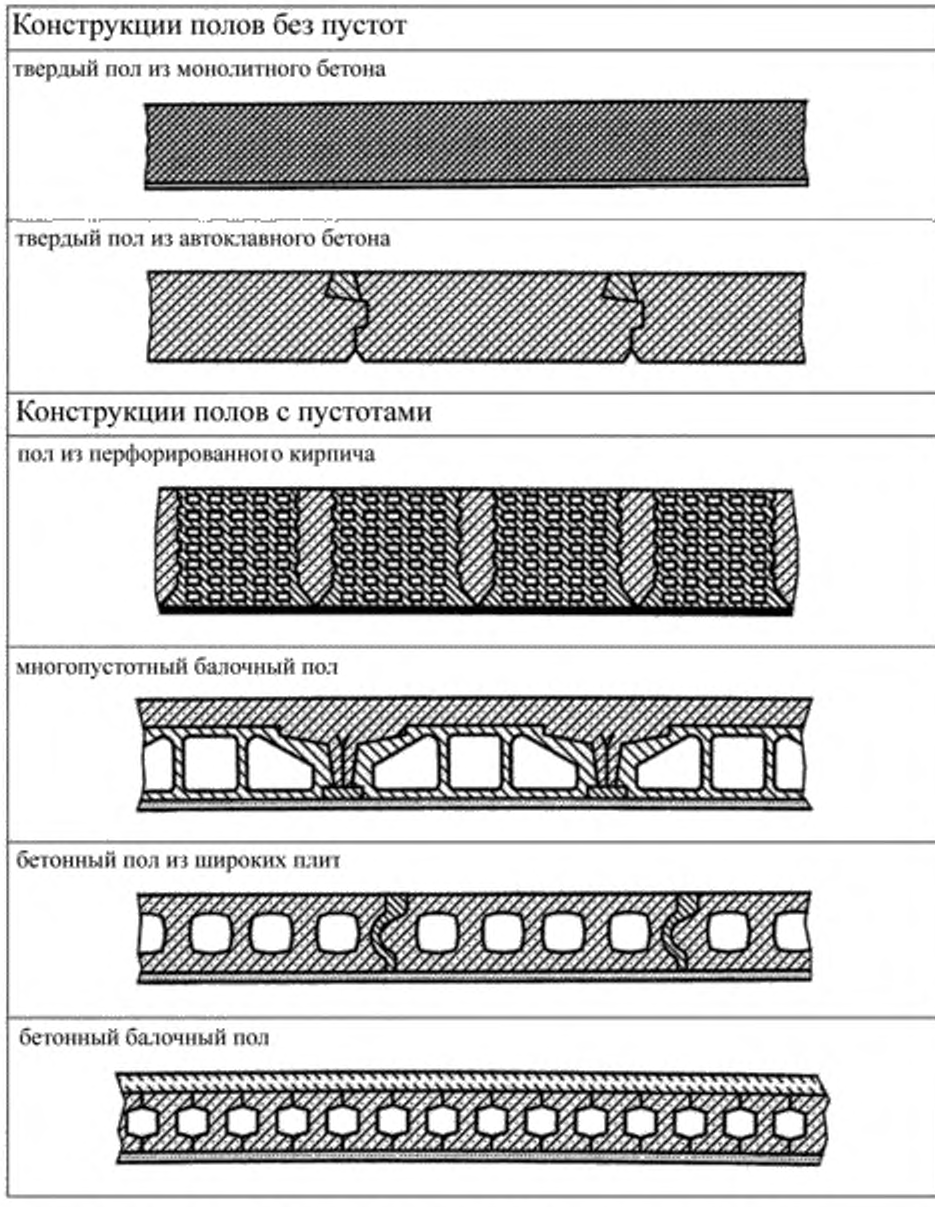


Рисунок В.1 – Основные типы однородных конструкций пола

Приложение С
(справочное)
Плавающие полы

С.1 Снижение уровня звукового давления ударного шума плавающими полами

Если отсутствуют результаты измерений снижения уровня звукового давления ударного шума ΔL плавающими полами, то могут быть применены следующие формулы:

а) для плавающего пола, выполненного из песчано-цементной смеси или гипса (сульфата кальция)

$$\Delta L = 30 \lg \frac{f}{f_0}, \qquad (C.1)$$

где f – среднегеометрическая частота октавной или третьоктавной полосы, Гц;

f_0 – резонансная частота системы, Гц, определяемая по формуле

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}, \qquad (C.2)$$

где s' – динамическая жесткость на единицу площади упругого слоя в соответствии с ЕН 29052-1:1992*, измеряемая без предварительной нагрузки, МН/м^3;

m' - поверхностная плотность плавающего пола, кг/м^2.

Примечание 1 – Из теории звукоизоляции ударного шума следует формула $\Delta L = 40 \lg(f / f_0)$, справедливая для бесконечных пластин. Однако экспериментальные данные показывают, что для практических ситуаций формула (С.1) более точна.

b) для асфальтовых плавающих полов или плавающих полов из элементов заводской готовности пригодна формула

$$\Delta L = 40 \lg \frac{f}{f_0}. \qquad (C.3)$$

Примечание 2 – В большинстве случаев из-за высокого коэффициента внутренних потерь рассматриваемых конструкций снижение уровня звукового давления ударного шума ΔL увеличивается с частотой в соответствии с теорией звукоизоляции для бесконечных пластин. Это подтверждают экспериментальные данные, полученные при испытаниях.

---

* Рекомендуется применять ГОСТ Р 53378-2009 (ЕН 29052-1:1992) «Материалы акустические, применяемые в плавающих полах жилых зданий. Метод определения динамической жесткости».

С.2 Индекс улучшения изоляции ударного шума плавающим полом

Индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_w зависит от поверхностной плотности плавающего пола m' и динамической жесткости на единицу площади s' упругого слоя в соответствии с ЕН 29052-1:1992, измеренной без предварительной нагрузки.

a) для плавающих полов из песчано-цементной смеси или гипса (сульфата кальция) ΔL_w может быть определен по рисунку С.1.

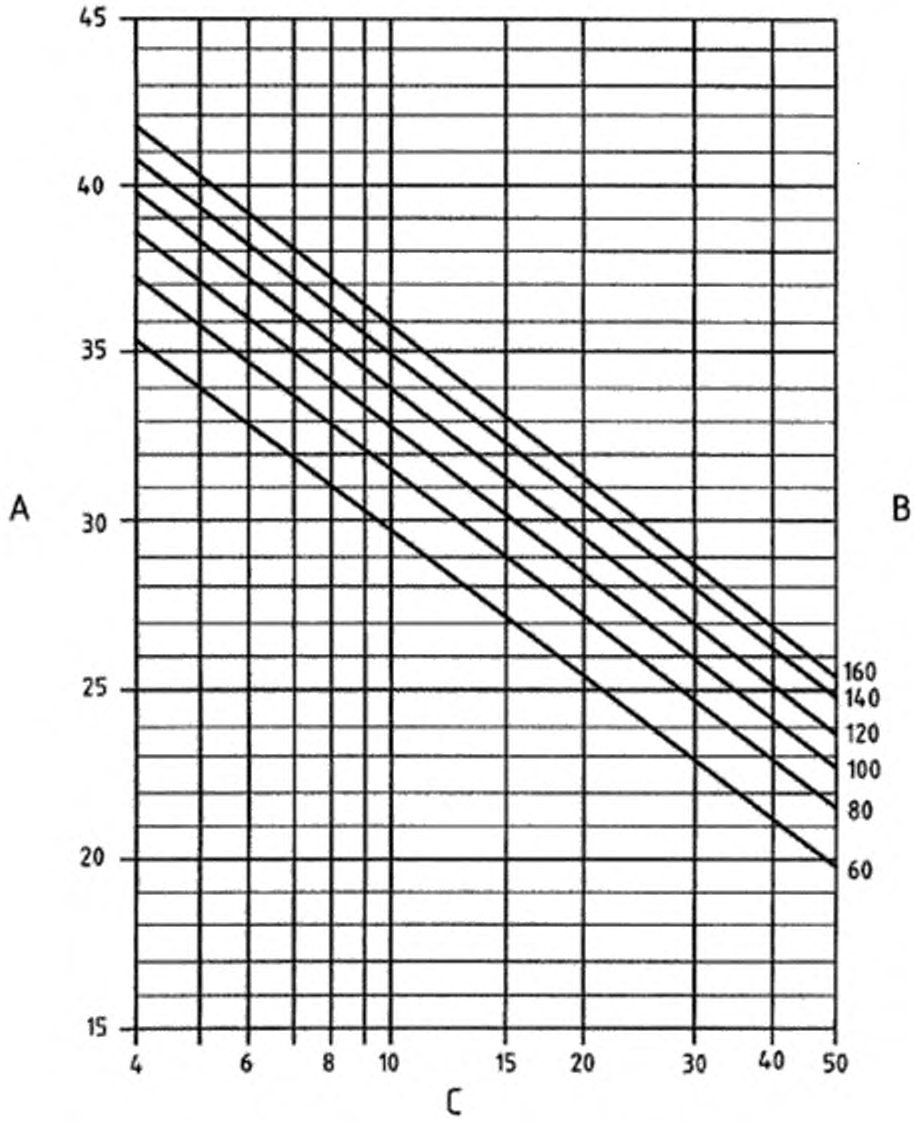
b) для асфальтовых плавающих полов или плавающих полов из элементов заводской готовности ΔL_w может быть определен по рисунку С.2.

Примечание – В случае двух или более упругих слоев общую динамическую жесткость на единицу площади рассчитывают по формуле

$$s'_{tot} = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s'_i} \right)^{-1}, \qquad (С.4)$$

где s'_i - динамическая жесткость на единицу площади упругого слоя, измеряемая в соответствии с ЕН 29052-1:1992 без предварительной нагрузки.

Данная формула справедлива только для случаев, когда каждый упругий слой покрывает всю площадь пола без выемок и каналов, например, для прокладки труб отопления или водоснабжения и электрических коммуникаций.

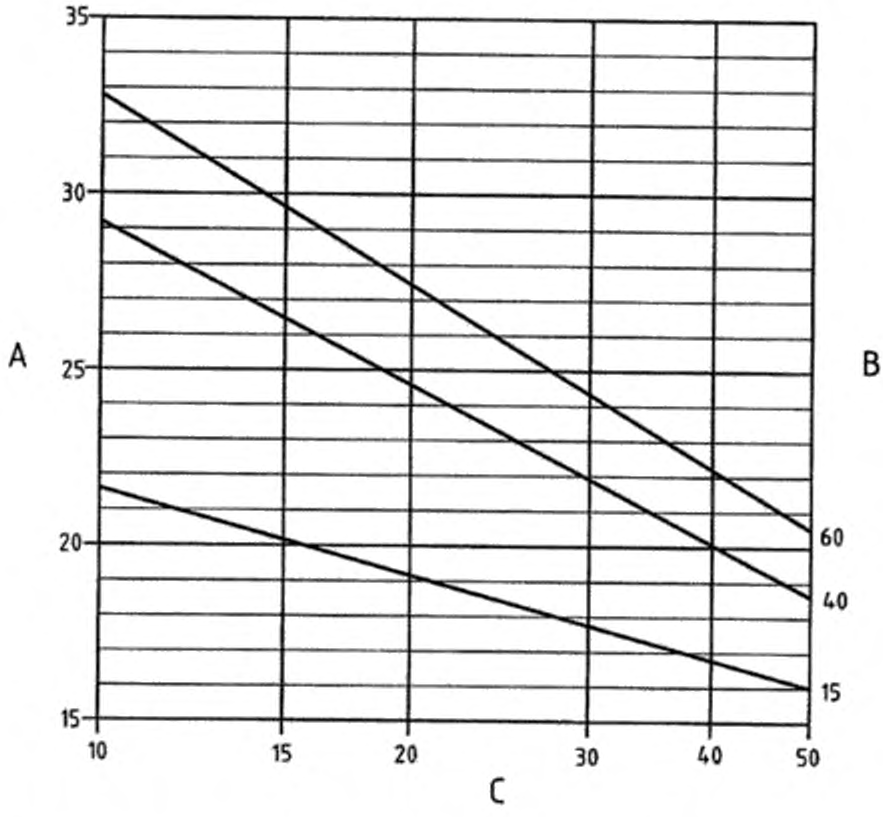


A – индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_w, дБ;

B – поверхностная плотность плавающего пола, кг·м$^{-2}$;

C – динамическая жесткость на единицу площади упругого слоя s', МН·м$^{-3}$

Рисунок С.1 – Индекс улучшения изоляции ударного шума плавающими полами из песчано-цементной смеси или гипса (сульфат кальция)



A – индекс улучшения изоляции ударного шума ΔL_w, дБ;

B – поверхностная плотность плавающего пола, кг·м$^{-2}$;

C – динамическая жесткость на единицу площади упругого слоя s', МН·м$^{-3}$

Рисунок С.2 – Индекс улучшения изоляции ударного шума асфальтовыми плавающими полами или плавающими полами из элементов заводской готовности

Приложение D
(справочное)
Лабораторные измерения косвенной звукопередачи

Звукопередачу по боковому структурному элементу с преобладанием пути *Ff* * можно рассчитать по данным лабораторных измерений. Такой вид звукопередачи может иметь место для конструкций, аналогичных фальшполам. При этом косвенная структурная звукопередача часто является первичной, а косвенная воздушная звукопередача – наведенной. Для представления результатов таких измерений желательно использовать инвариантные величины, которые не зависят от условий измерений и действительны для натурных условий. Подобные инвариантные величины не могут быть определены в общем случае. Если основные механизмы косвенной звукопередачи известны, т. е. при структурной или воздушной звукопередаче, то определение таких инвариантов возможно.

В настоящее время лабораторные измерения косвенной звукопередачи выполняют с целью сравнения строительных изделий в стандартных условиях измерений. По результатам таких измерений с удовлетворительной точностью приведенный уровень звукового давления побочного ударного шума $L_{n,f}$ в условиях конкретной лаборатории рассчитывают по формуле

$$L_{n,f} = L_2 + 10 \lg \frac{A}{A_0}, \qquad (D.1)$$

где L_2 – средний уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении, обусловленный звукопередачей только по рассматриваемой части конструкции пола;

A – эквивалентная площадь звукопоглощения приемного помещения, м^2;

A_0 – стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения, равная 10 м^2.

---

* Путь звукопередачи *Ff* образуют боковой элемент *F* помещения источника и боковой элемент *f* приемного помещения. Рассматриваемый здесь путь звукопередачи *Ff* существует при наличии фальшпола в помещении источника, и если звукопередача происходит по стенам, например при конфигурации помещений, изображенной в левой части рисунка 1.

Для фальшполов данную величину определяют в соответствии с ЕН ИСО 140-12*. Для других боковых конструкций измерения выполняют методами по ЕН ИСО 10848-1.

В случаях преобладания косвенной структурной звукопередачи для определения уровня звукового давления побочного ударного шума L_{Ff} (с $F = i$) в натурных условиях по характеристикам элементов L_{nf} может быть применена формула

$$L_{n,F=i,f} = L_{nf} + 10\lg\frac{S_{F,lab}l_{Ff}}{S_F l_{lab}} + 10\lg\frac{T_{i,F}}{T_{i,F,lab}} + 10\lg\frac{T_{i,f}}{T_{i,f,lab}}, \qquad (D.2)$$

где S_F – площадь возбужденного пола в натурных условиях ($F = i$), м^2;

$S_{F,lab}$ – площадь возбужденного пола в лабораторных условиях ($F = i$), м^2;

l_{Ff} – длина соединения элементов F и f, м;

l_{lab} – длина соединения элементов F и f в лабораторных условиях, м;

$T_{i,F}$ – время структурной реверберации элемента F в натурных условиях, с;

$T_{i,f}$ – время структурной реверберации элемента f в натурных условиях, с;

$T_{i,F,lab}$ – время структурной реверберации элемента F в лабораторных условиях, с;

$T_{i,f,lab}$ – время структурной реверберации элемента f в лабораторных условиях, с.

Последними членами формулы, содержащими время структурной реверберации, можно пренебречь, если конструкция имеет высокий коэффициент внутренних потерь, например легкая двухслойная конструкция.

Примечания:

1 Если косвенная воздушная звукопередача является существенной или преобладающей, то данная формула неверна. В этом случае может быть применен подход, аналогичный методу расчета для подвесных потолков [см. ЕН 12354-1 (приложение F)].

2 Для расширения области применения и уточнения расчетных формул, а также с целью выявления преобладания косвенной воздушной звукопередачи для некоторых видов конструкций необходимо выполнить дополнительные лабораторные измерения.

* Следует применять ЕН ИСО 10140-1 и ЕН ИСО 10140-4.

Приложение Е
(справочное)
Пример расчета

Е.1 Конфигурация и параметры помещений и их элементов

Требуется рассчитать приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума L'_n в приемном помещении, расположенном под помещением источника. Оба помещения являются жилыми. Помещения разделены бетонной плитой с плавающим полом. Объем обоих помещений 50 м^3. Другие особенности конструкции приведены ниже.

Разделительный элемент:

- пол: $S_t = 5 \cdot 4 = 20$ м^2; бетонная плита толщиной 140 мм, $m' = 0{,}14$ м $\cdot$ 2300 кг/м^3 = 322 кг/м^2;
- плавающий пол: бетон толщиной 35 мм поверх плиты из минеральной ваты толщиной 20 мм с $s' = 8$ МН/м^3.

Боковые элементы (одинаковые с обеих сторон):

- внутренние стены $S_j = 5 \cdot 2{,}5 = 12{,}5$ м^2; соединение в виде жесткого пересечения; плита из газобетона толщиной 120 мм, $m' = 0{,}12$ м $\cdot$ 800 кг/м^3 = 96 кг/м^2;
- внешние стены $S_j = 4 \cdot 2{,}5 = 10$ м^2; жесткое Т-образное соединение; кирпичная кладка толщиной 100 мм, $m' = 0{,}1$ м $\cdot$ 1900 кг/м^3 = 190 кг/м^2.

Е.2 Полная расчетная модель

Е.2.1 Результаты

Расчетные значения уровней звукового давления ударного шума (в октавных полосах и индексы приведенного уровня ударного шума) для прямой и косвенной звукопередачи приведены поэлементно и для конструкции в целом. Все значения округлены до целого числа децибел. Далее приведен подробный расчет для исходных данных, выделенных полужирным шрифтом.

Элемент конструкции	Определяемая величина	Среднегеометрическая частота, Гц						Индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw}, дБ
		125	250	**500**	1000	2000	4000	
Пол	$L_{n,Dd}$	57	50	**41**	36	30	26	42
Внутренняя стена	$L_{n,Df}$	42	38	**36**	31	24	22	31
Внутренняя стена	$L_{n,Df}$	42	38	**36**	31	24	22	31
Внешняя стена	$L_{n,Df}$	42	39	**34**	28	21	16	30
Внешняя стена	$L_{n,Df}$	42	39	**34**	28	21	16	30
Суммарный в приемном помещении	L'_n	58	51	**44**	39	32	29	43

Запись одним числом $L'_{nw}(C_l)$ = 43(1) дБ означает $L'_{nw} + C_l = 43 + 1 = 44$ дБ.

Е.2.2 Детальный расчет для разделительного пола и боковых стен

Е.2.2.1 Преобразование исходных характеристик элементов в значения для натурных условий

Разделительный пол, m' = 322 кг/м^2, f_c = 134 Гц, S = 20 м^2

Данные, дБ	Определяемая величина	Среднегеометрическая частота, Гц					
		125	250	**500**	1000	2000	4000
Исходное значение	$L_{n,s}$ пола (см. приложение В)	70,8	73,1	**73,6**	74,4	75,1	75,0
	R_s пола [см. EN 12354-1 (приложение В)]	35,1	38,7	**48,6**	56,9	64,5	71,3
Расчетное значение	$10\lg(T_{s,stat}/T_{s,lab})$ (дБ)	-1,5	-1,6	**-1,6**	-1,5	-1,4	-1,3
Результат	$L_{n,stat}$ [см. формулу (13)]	69,3	71,5	**72,0**	72,9	73,7	73,7
	$R_{s,stat}$ [см. форм. (14)]	36,6	40,3	**50,2**	58,4	65,9	72,6

Плавающий пол, m' = 80 кг/м^2, s' = 8 МН/м^3

Данные, дБ	Определяемая величина	Среднегеометрическая частота, Гц					
		125	250	**500**	1000	2000	4000
Исходное значение	ΔL (см. приложение С)	12,0	22,0	**31,0**	37,0	44,0	48,0
Результат	ΔL_{stat} [см. формулу (15)]	12,0	22,0	**31,0**	37,0	44,0	48,0

Внутренние стены, m' = 96 кг/м^2, f_c = 390 Гц, S = 12,5 м^2, l_{ij} = 5,00 м

Данные, дБ	Определяемая величина	Среднегеометрическая частота, Гц					
		125	250	**500**	1000	2000	4000
Исходное значение	R_f [см. ЕН 12354-1 (приложение В)]	36,4	32,7	**29,4**	36,8	45,0	46,7
Расчетное значение	$10\lg(T_{s,situ}/T_{s,lab})$	-3,7	-3,2	**-2,1**	-1,5	-1,9	-1,5
Результат	$R_{f,situ}$ [см. формулу (14)]	40,1	35,9	**31,5**	38,9	46,9	48,2

Внешние стены, m' = 190 кг/м^2, f_c = 298 Гц, S = 10,0 м^2, l_{ij} = 4,00 м

Данные, дБ	Определяемая величина	Среднегеометрическая частота, Гц					
		125	250	**500**	1000	2000	4000
Исходное значение, дБ	R_f [см. ЕН 12354-1 (приложение В)]	40,6	35,2	**36,6**	47,1	55,9	63,1
Рассчитанное значение, дБ	$10\lg(T_{s,situ}/T_{s,lab})$	-3,4	-3,0	**-2,4**	-2,1	-1,8	-1,5
Результат, дБ	$R_{f,situ}$ [см. формулу (14)]	44,0	38,2	**39,0**	49,2	57,7	64,6

Е.2.2.2 Преобразование исходных данных соединений в значения для натурных условий

Внутренние стены, l_{Df} = 5 м, S_j = 12,5 м, S_i = 20 м^2

Согласно формуле (Е.2) [см. ЕН 12354-1 (приложение Е)] для углового соединения с $m'_{\perp i}/m'_i$ = 96 / 322: K_{Df} = 10,3 дБ.

Определяемая величина, дБ	Среднегеометрическая частота, Гц					
	125	250	**500**	1000	2000	4000
a_{situ} пола [см. формулу (17)]	16,7	17,2	**17,2**	18,0	19,0	20,6
a_{situ} стены [см. формулу (17)]	4,8	5,3	**7,1**	7,2	8,1	9,7
$10\lg(l_{ij}/\sqrt{a_{floor}\sqrt{a_{wall}}})$ [см. формулу (16)]	-2,5	-2,8	**-3,4**	-3,6	-3,9	-4,5
$D_{v,Df,situ}$ [см. формулу (16)]	12,8	13,1	**13,7**	13,9	14,2	14,8

Внешняя стена, l_{Df} = 4 м, S_f = 10,0 м, S_i = 20 м^2

Согласно ЕН 12354-1 [приложение Е, формула (Е.3)] для углового соединения с $m'_{\perp i}/m'_i$ = 190 / 322 : K_{Df} = 6,0 дБ.

Определяемая величина, дБ	Среднегеометрическая частота, Гц					
	125	250	**500**	1000	2000	4000
a_{stat} пола [см. формулу (17)]	16,7	17,2	**17,2**	18,0	19,0	20,6
a_{stat} стены [см. формулу (17)]	6,4	7,0	**8,1**	8,8	10,1	12,1
$10\lg(l_{ij}/\sqrt{a_{floor}\sqrt{a_{wall}}})$ [см. формулу (16)]	-4,1	-4,4	**-4,7**	-5,0	-5,4	-6,0
$D_{v,Df,stat}$ [см. формулу (16)]	10,1	10,4	**10,7**	11,0	11,4	12,0

Определение прямой и косвенной звукопередачи шума по формулам (19) и (20):

- прямая звукопередача [формула (19)]

Определяемая величина, дБ	Среднегеометрическая частота, Гц					
	125	250	**500**	1000	2000	4000
$L_{n,stat}$	69,3	71,5	**72,0**	72,9	73,7	73,7
ΔL_{stat}	12,0	22,0	**31,0**	37,0	44,0	48,0
$L_{n,d}$	57,3	49,5	**41,0**	35,9	29,7	25,7

- косвенная звукопередача по внутренней стене [формула (20)]

Определяемая величина, дБ	Среднегеометрическая частота, Гц					
	125	250	**500**	1000	2000	4000
$L_{n,stat}$	69,3	71,5	**72,0**	72,9	73,7	73,7
ΔL_{stat}	12,0	71,5	**72,0**	72,9	73,7	73,7
$R_{i,stat}$	36,6	40,3	**50,2**	58,4	65,9	72,6
$R_{f,stat}$	40,1	35,9	**31,5**	38,9	46,9	48,2
$D_{v,Df,stat}$	12,8	13,1	**13,7**	13,9	14,2	14,8
$5\lg(S_i/S_f)$	1,0	1,0	**1,0**	1,0	1,0	1,0
$L_{n,Df}$	41,7	37,6	**35,6**	30,7	24,0	22,1

- косвенная звукопередача по внешней стене [формула (20)]

Определяемая величина, дБ	Среднегеометрическая частота, Гц					
	125	250	**500**	1000	2000	4000
$L_{n,situ}$	69,3	71,5	**72,0**	72,9	73,7	73,7
ΔL_{situ}	12,0	22,0	**31,0**	37,0	44,0	48,0
$R_{i,situ}$	36,6	40,3	**50,2**	58,4	65,9	72,6
$R_{f,situ}$	44,0	38,2	**39,0**	49,2	57,7	64,6
$D_{v,Df,situ}$	10,1	10,4	**10,7**	11,0	11,4	12,0
$5\lg(S_i / S_j)$	1,5	1,5	**1,5**	1,5	1,5	1,5
$L_{n,Df}$	42,0	38,6	**34,4**	28,9	20,9	16,2

Е.2.3 Время структурной реверберации пола в октавной полосе 500 Гц

Расчеты выполняют при f = 400 Гц {нижняя третьоктавная полоса для данной октавной полосы [см. ЕН 12354-1 (приложение С)]}.

В лаборатории:

- для m' = 322 кг/м^2 и f_c = 134 Гц по формуле (С.4) находят α_k = 0,154;

- для η_{int} = 0,006, δ = 1,2, S_{lab} = 10 м^2 и $\sum l_k$ = 12,8 м по формуле (С.1) находят η_{tot} = 0,037.

Таким образом $T_{s,lab}$ = 0,149 с [оценка по формуле (С.5) дает $T_{s,lab}$ = 0,14 с].

Натурные условия:

- на границе с внутренней стеной: K_{ij} = 1,3; 10,3 и 10,3 дБ [см. формулу (Е.2) в ЕН 12354-1). Таким образом, по формуле (С.2) α_k = 0,388;

- на границе внешней стеной: K_{ij} = 6,0 и 6,0 дБ [см. формулу (Е.3) в ЕН 12354-1). Таким образом, по формуле (С.2) α_k = 0,274.

В результате по формуле С.1 имеем η_{int} = 0,053 $T_{s,situ}$ = 0,104 с.

Таким образом, для расчета звукоизоляции, уровня звукового давления ударного шума и звукопередачи через соединение получены значения следующих вспомогательных величин для пола:

$10\lg(T_{s,situ} / T_{s,lab})$ = 10lg(0,104 / 0,149) = –1,6 дБ;

a_{situ} = 17,2 м.

Выполняя аналогичные расчеты, можно получить:

- для внутренней стены $a_{штш}$ = 7,1 м;

- для внешней стены $a_{штш}$ = 8,1 м.

Е.3 Упрощенная модель

Рассматривается та же конфигурация и характеристики помещений, как в Е.1.

Исходные данные:

- поверхностная плотность бетонного пола: m' = 0,14 м · 2300 кг/м^3 = 322 кг/м^2;

- динамическая жесткость на единицу площади плиты из минеральной ваты: s' = 8 МН/м^3;

- поверхностная плотность стяжки: m' = 80 кг/м^2.

Расчетные значения:

- эквивалентный индекс приведенного уровня ударного шума пола из бетонных блоков (по приложению В):

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35\ \lg(m'/m'_0) \text{ с } m'_0 = 1 \text{ кг/м}^2,$$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35\lg(322 / 1) = 76{,}2 \text{ дБ} \approx 76 \text{ дБ};$$

- индекс улучшения изоляции ударного шума плавающим полом при динамической жесткости на единицу площади s'= 8 МН/м^3 плиты из минеральной ваты и при поверхностной плотности стяжки m' = 80 кг/м^2. Из рисунка С.1 следует:

$$\Delta L_w = 33 \text{ дБ};$$

- коррекция K для косвенной звукопередачи при средней поверхностной плотности однородных боковых элементов, не покрытых упругими слоями, m' = 0,25 [(2 · 190) + (2 · 100)] = 145 кг/м^2. Из таблицы 1 следует

$$K = 2 \text{ дБ};$$

- приведенный фактический уровень звукового давления ударного шума в приемном помещении по формуле (21):

$$L'_{nw} = \Delta L_w + K = 76 - 33 + 2 = 45 \text{ дБ};$$

- индекс стандартизованного фактического уровня ударного шума в приемном помещении объемом V=50 м^3 по формуле (3):

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10\lg(V / 30) = 45 - 2{,}2 = 42{,}8 \approx 43 \text{ дБ}.$$

Приложение ДА
(справочное)
Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ЕН ИСО 140-1	MOD	ГОСТ Р ИСО 10140-...:2012 (части 1 – 5) «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий»
ЕН ИСО 140-3	MOD	ГОСТ Р ИСО 10140-...:2012 (части 1 – 5) «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий»
ЕН ИСО 140-6	MOD	ГОСТ Р ИСО 10140-...:2012 (части 1 – 5) «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий»
ЕН ИСО 140-7	–	*
ЕН ИСО 140-8	MOD	ГОСТ Р ИСО 10140-...:2012 (части 1 – 5) «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий»
ЕН ИСО 140-12	–	*
ЕН ИСО 717-1	–	*
ЕН ИСО 717-2	–	*
ЕН ИСО 10848-1	IDT	ГОСТ Р ИСО 10848-1-2012 «Акустика. Лабораторное измерение косвенной передачи воздушного и ударного звука между соседними помещениями. Часть 1. Основные положения»
ЕН 12354-1:2000	IDT	ГОСТ Р ЕН 12354-1-2012 «Акустика зданий. Методы расчета акустических характеристик зданий по характеристикам их элементов. Часть 1. Звукоизоляция воздушного шума между помещениями»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT – идентичные стандарты;
- MOD – модифицированные стандарты.

Библиография

[1] Cremer, L., Heckl, M. : Structure Borne Sound, 2nd edition, Springer Verlag, Heidelberg 1988.

[2] Cremer, H. + L., "Theorie der Entstehung des Klopfschalls", Frequenz 1 (1948), 61-71.

[3] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Deutsches Institut fur Normung e.V., Berlin, November 1989.

[4] Gerretsen, E., "Calculation of airborne and impact sound insulation between dwellings", Applied Acoustics 19(1986), 245-264.

[5] Gerretsen, E., "A calculation model for the impact sound insulation of floors with floating and soft coverings (in Dutch)", report F 38, Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1990.

[6] Gosele, K., Gie(3elmann, K., "Berechnung des Trittschallschutzes von Rohdecken", Fottschritte der Akustik DAGA'76, VDI-Verlag Dusseldorf, 1976.

[7] Heckl, M., Rathe, E.J., "Relationship between the transmission loss and the impact noise insulation of floor structures", JASA35 (1963), 1825-1830.

[8] ONORM B 8115, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Osterreichisches Normungsinstitut, Wien, 1992.

[9] Gerretsen, E., "European developments in prediction models for building acoustics", Acta Acustica 2 (1994), 205-214.

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 91.120.20:13.140

Ключевые слова: приведенный уровень звукового давления ударного шума, индекс приведенного уровня ударного шума, снижение приведенного уровня звукового давления ударного шума напольным покрытием, индекс улучшения изоляции ударного шума, прямая звукопередача, косвенная звукопередача, эквивалентная площадь звукопоглощения

Генеральный директор АНО «НИЦ КД» В.Г.Шолкин

Руководитель темы С.Н.Арзамасов

gost.e-ecolog.ru