ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ЕН 12354-3– 2012

Акустика зданий

МЕТОДЫ РАСЧЕТА АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 3

Звукоизоляция внешнего шума

EN 12354-3:2000 Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound

(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 12354-3:2000 «Акустика зданий. Оценка акустических характеристик зданий по характеристикам элементов. Часть 3. Звукоизоляция внешнего шума» (EN 12354-3:2000 «Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 3. Airborne sound insulation against outdoor sound»).

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 Определение прямой звукопередачи по акустическим характеристикам элементов .....
4.3 Определение косвенной звукопередачи.....
4.4 Особенности расчета в частных случаях .....
4.5 Ограничения.....
5 Точность расчетов.....
Приложение А (обязательное) Перечень основных обозначений.....
Приложение В (справочное) Определение звукопередачи элемента по его составным частям.....
Приложение С (справочное) Учет формы фасада.....
Приложение D (справочное) Звукоизоляция элементов.....
Приложение Е (справочное) Оценка уровней внутреннего шума.....
Приложение F (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 3. Звукоизоляция внешнего шума

Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 3. Airborne sound insulation against outdoor sound

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает расчетные методы оценки звукоизоляции внешнего шума или разности уровней звукового давления на фасаде здания или на другой его внешней поверхности. Расчет основан на величине звукоизоляции различных элементов фасада с учетом прямой и косвенной звукопередачи. Результаты расчетов с приемлемой точностью соответствуют результатам измерений в натурных условиях по ЕН ИСО 140-5. Расчеты могут быть выполнены как в полосах частот, так и в виде оценки одним числом.

Результаты расчетов могут быть использованы также для расчета уровня звукового давления, например транспортного шума внутри здания, как рассмотрено в приложении D.

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 прикладных документов и программных средств для специалистов в строительстве с учетом региональных требований.

Модели основаны на опыте прогнозирования акустических характеристик жилых помещений, но они могут использоваться также для других типов зданий при условии, что размеры их 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 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 20140-10* Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 10. Лабораторные измерения звукоизоляции воздушного шума малых строительных изделий (EN 20140-10, Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements)

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 140-1:1998. 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 140-3:1995, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurement of airborne sound insulation of building elements)

ЕН ИСО 140-5 Акустика. Измерение звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 5. Измерения в натурных условиях звукоизоляции фасадов и элементов фасадов (EN ISO 140-5:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades)

---

* Европейский стандарт ЕН 20140-10 а также серия стандартов ЕН ИСО 140 (части 1, 3) заменены на серию стандартов ЕН ИСО 10140 (части 1– 5), идентичные ИСО 10140 (части 1– 5). Если требования отмененных ссылочных стандартов эквивалентны требованиям новых стандартов, то последние указаны далее в сносках.

ЕН ИСО 717-1 Нормирование звукоизоляции зданий и строительных элементов. Часть 1. Звукоизоляция воздушного шума (EN ISO 717-1:1997, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation)

ЕН ИСО 11654 Акустика. Материалы звукопоглощающие, применяемые в зданиях. Оценка звукопоглощения (EN ISO 11654:1997, Acoustics – Sound absorbers for use in buildings – Rating of sound absorption)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 Величины, характеризующие акустические свойства зданий

Звукоизоляция фасадов в соответствии с ЕН ИСО 140-5 может характеризоваться несколькими величинами. По величинам, определяемым в полосах частот (третьоктавных или октавных), рассчитывают оценки одним числом акустических характеристик здания в соответствии с ЕН ИСО 717-1, например R'_W, $D_{1s,2m,nT,W}$ или (R'_w+C_{tr}).

3.1.1 фактическая звукоизоляция под углом 45° (apparent sound reduction index) $R'_{45°}$, **дБ**: Звукоизоляция элемента здания, когда источником шума является громкоговоритель, и угол падения звука по отношению к элементу составляет 45°, рассчитываемая по формуле

$$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + 10\lg\frac{S}{A} - 1{,}5\,, \qquad (1)$$

где $L_{1,s}$ – средний уровень звукового давления на внешней поверхности элемента здания с учетом эффектов отражения звука от фасада, дБ;

L_2 – средний уровень звукового давления в приемном помещении*, дБ;

S – площадь элемента здания, м^2;

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

* Помещение, в котором распложен создающий шум источник, называют помещением источника. Помещение, в котором контролируют (измеряют) уровень шума, называют приемным помещением.

3.1.2 фактическая звукоизоляция транспортного шума (apparent sound reduction index) $R'_{tr,s}$, **дБ**: Звукоизоляции элемента здания, когда источником шума является транспортный шум, рассчитываемая по формуле

$$R'_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10\lg\frac{S}{A} - 3, \qquad (2)$$

где $L_{eq,1,s}$ – средний по площади элемента эквивалентный уровень звукового давления на его внешней поверхности с учетом эффектов отражения звука от фасада, дБ;

$L_{eq,2}$ – средний в приемном помещении эквивалентный уровень звукового давления, дБ.

3.1.3 стандартизованная разность уровней (standardized level difference) $D_{2m,nT}$, **дБ**: Разность между уровнем звукового давления внешнего шума на расстоянии 2 м от фасада и средним уровнем звукового давления в приемном помещении с учетом поправки на время реверберации приемного помещения, рассчитываемая по формуле

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10\lg\frac{T}{T_0}, \qquad (3)$$

где $L_{1,2m}$ – средний уровень звукового давления на расстоянии 2 м перед фасадом, дБ;

T – время реверберации в приемном помещении, с;

L_2 – средний уровень звукового давления в приемном помещении, дБ;

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

Примечание – При определении стандартизованной разности уровней преобладающим источником шума может быть транспортный шум или шум громкоговорителя. Вид источника шума указывают добавочными индексами *tr* и *ls*, соответственно, например $D_{tr,2m,nT}$ или $D_{ls,2m,nT}$.

3.1.4 приведенная разность уровней (normalized level difference) $D_{2m,n}$, дБ: Разность между уровнем звукового давления внешнего шума на расстоянии 2 м от фасада и средним уровнем звукового давления в приемном помещении с учетом поправки на его эквивалентную площадь звукопоглощения, рассчитываемая по формуле

$$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 - 10\lg\frac{A}{A_0}, \qquad (4)$$

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

Примечание – Приведенная разность уровней может быть определена для транспортного шума или шума громкоговорителя. Источник шума указывают добавочными индексами *tr* и *ls*, соответственно, например $D_{tr,2m,nT}$ или $D_{ls,2m,nT}$.

3.1.5 Связь между величинами

Величины $R'_{45°}$ и $R'_{tr,s}$ отличаются на некоторое систематическое смещение в широком диапазоне частот. Фактическая звукоизоляция под углом 45 ° $R'_{45°}$ как при оценке одним числом, так и при оценке в низкочастотных полосах, превышает $R'_{tr,s}$ на величину от 0 до 2 дБ. Значение $R'_{tr,s}$ сопоставимо со значениями, полученными в лабораторных условиях. Указанные отличия следует учитывать в расчетной модели.

Связь разностей уровней шума $D_{2m,nT}$ и $D_{2m,n}$ определяется формулой

$$D_{2m,n} = D_{2m,nT} - 10\lg 0{,}16\frac{V}{T_0 A_0} = D_{2m,nT} - 10\lg 0{,}32V, \qquad (5)$$

где V - объем приемного помещения, м^3.

Достаточно оценить одну из этих величин, чтобы определить другую. В настоящем стандарте основной величиной является стандартизованная разность уровней $D_{2m,nT}$.

Измерения транспортного шума и шума громкоговорителя, как правило, дают результаты без систематического смещения, т. е.

$$D_{tr,2m,nT} \approx D_{ls,2m,nT}. \qquad (6)$$

Разность уровней на фасаде зависит от звукоизоляции фасада. Таким образом, расчетная модель разности уровней шума связана с расчетной моделью звукоизоляции.

3.2 Акустические характеристики элементов

Акустические характеристики элементов используют в качестве исходных данных для оценки характеристик зданий. Данные величины определяют в треть-

октавных полосах частот, а также, при необходимости, в октавных полосах. Оценка одним числом характеристик элемента, например $R_w(C;C_{tr})$ и $D_{n,e,w}(C;C_{tr})$, быть определена в соответствии с ЕН ИСО 717-1.

3.2.1 звукоизоляция (sound reduction index) R, **дБ**: Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности W_1 шума, падающего на испытуемый элемент к звуковой мощности W_2 шума, прошедшего через элемент, рассчитываемая о формуле

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

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

3.2.2 приведенная разность уровней элемента (element normalized level difference) $D_{n,e}$, **дБ**: Разность средних уровней звукового давления, созданных в обоих испытательных помещениях источником, находящимся в одном из них, при условии, что звукопередача из одного помещения в другое происходит только через малый технический элемент (например, воздухораспределительное устройство, электрические кабельные каналы, системы переходного уплотнения).

Примечание – $D_{n,e}$ рассчитывают с учетом эквивалентной площади звукопоглощения A приемного помещения по формуле

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 - 10 \lg \frac{A}{A_0}, \qquad (7)$$

где A_0 - стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения, м^2. Здесь и далее A_0= 10 м^2.

Данную величину определяют в соответствии с ЕН 20140-10*.

3.2.3 Другие характеристики элементов

Дополнительными данными при расчетах являются:

- форма фасада;
- тип уплотнения и качество изоляции зазоров и соединений;
- общая площадь фасада.

---

* Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

3.3 Другие термины и величины

3.3.1 звукоизоляция фасада в диффузном поле (sound reduction index of facade for diffuse incident sound field) R'**, дБ:** Звукоизоляции фасада, которая гипотетически может быть измерена в диффузном звуковом поле в натурных условиях.

Примечание – Данную величину используют в качестве обобщенной расчетной характеристики, из которой могут быть определены другие акустические характеристики здания. В некоторых странах здание характеризуют только величиной R', не используя при этом других измеряемых величин.

3.3.2 фасадная разность уровней (facade shape level difference) ΔL_{fs}, **дБ**: Величина, равная разности уровня шума $L_{1,dir}$, падающего на реальный фасад и уровня шума на плоскости фасада $L_{1,s}$ увеличенная на 6 дБ и рассчитываемая по формуле

$$\Delta L_{fs} = L_{1,dir} - L_{1,s} + 6, \quad (9)$$

где $L_{1,dir}$ - средний уровень звукового давления внешнего звукового поля на поверхности фасада при его отсутствии, дБ;

$L_{1,s}$ - средний уровень звукового давления шума в плоскости реального фасада, дБ.

Примечание – Сведения о фасадной разности уровней и методах ее определения приведены в приложении С.

4 Модели расчета

4.1 Общие положения

Под фасадом следует понимать всю внешнюю поверхность здания или помещения. Фасад может включать в себя различные элементы: окна, двери, стены, балконы, элементы крыши и вентиляционного оборудования. Звукопередача фасадом обусловлена звукопередачей каждым из этих элементов. Принимают, что звукопередача каждым из элементов не зависит от звукопередачи другими элементами. Использование разных типов внешних звуковых полей для определения акустических характеристики здания в различных измерительных ситуациях приводит к различным результатам. Тем не менее, использование внешнего диффузного звукового поля достаточно для определения звукопередачи при воз-

действии на фасад внешних звуковых полей различного типа. Поэтому все необходимые акустические характеристики определяют по фактической звукоизоляции фасада, рассчитанной для внешнего диффузного поля.

Фактическую звукоизоляцию R' фасада в диффузном поле рассчитывают суммированием звуковой мощности, непосредственно передаваемой каждым из элементов, и звуковой мощности косвенной звукопередачи по формуле

$$R' = -10\lg\left(\sum_{i=1}^{n}\tau_{e,i} + \sum_{f=1}^{m}\tau_{f}\right), \qquad (10)$$

где $\tau_{e,i}$ – коэффициент звукопроницаемости фасадного элемента i, участвующего в прямой звукопередаче звуковой мощности падающего на фасад внешнего шума;

τ_f - коэффициент звукопроницаемости, соответствующий косвенной звукопередаче в приемное помещение фасадным или боковым элементом f звуковой мощности падающего на фасад внешнего шума;

n - количество элементов фасада, учитываемых в прямой звукопередаче;

m - количество элементов фасада, передающих побочный шум.

Примечание 1 – Коэффициент звукопроницаемости τ_e определяет вклад элемента в общую звукопередачу, поэтому можно ввести обозначение $R_p = -10\lg\tau_e$ для частного индекса звукоизоляции.

Примечание 2 – Формулы (14) и (15) могут быть объединены с формулой (10) для определения звукоизоляции составных элементов только в случае прямой звукопередачи.

Для каждого элемента фасада, включая его составные части, коэффициент звукопроницаемости τ_e при прямой звукопередаче может быть непосредственно определен по акустическим параметрам элемента (см. 4.2). Альтернативно коэффициент звукопроницаемости для одного или нескольких элементов может быть оценен по акустическим характеристикам каждой из составляющих частей этого элемента (см. приложение В). Выбор зависит от требований нормативных документов и имеющихся акустических данных.

Для косвенной звукопередачи коэффициент звукопроницаемости может быть определен по 4.3.

Фактическую звукоизоляцию фасада определяют по формулам:

$$R'_{45^\circ} = R + 1, \quad (11)$$

$$R'_{st,d} = R. \quad (12)$$

Примечание 3 – Результаты расчетов по данным формулам представляют собой некоторое среднее между искомыми величинами. Для оценки одним числом отклонение от этого среднего, как правило, составляет ±1 дБ. Отклонение от среднего значения в полосе частот для фасадов, состоящих из различных элементов, как правило, не превышает ±2 дБ. Тем не менее, в отдельных случаях, например, когда преобладает звукопередача через остекление с одним стеклом, разница между указанными величинами на частотах вблизи или выше частоты волнового совпадения является менее предсказуемой и может быть намного больше.

Стандартизованная фасадная разность уровней зависит от звукоизоляции, формы фасада, наличия балконов и размеров помещения, что следует из формулы

$$D_{2m,nT} = R + \Delta L_{fs} + 10\lg\frac{V}{6T_0S}, \quad (13)$$

где V - объем приемного помещения, м^3;

S - общая площадь фасада (т. е. сумма площадей всех фасадных элементов), м^2;

ΔL_{fs} - фасадная разность уровней, дБ.

Примечание 4 – Стандартизованную разность уровней можно использовать для оценки уровня звукового давления внутри здания (см. приложение Е).

Сведения о фасадной разности уровней приведены в приложении С.

Рассматриваемая расчетная модель может быть применена для расчета характеристик здания в полосах частот на основе акустических данных об элементах здания в полосах частот (в третьоктавных или октавных). Расчет необходимо выполнять по меньшей мере для октавных полос в диапазоне от 125 до 2000 Гц, для третьоктавных полос – в диапазоне от 100 до 3150 Гц. По полученным результатам в соответствии с ЕН ИСО 717-1 могут быть определены оценки одним числом акустических характеристик зданий .

Примечание 5 – 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.

Расчетная модель позволяет определить оценки одним числом акустических характеристик зданий, основанные на оценках одним числом характеристик отдельных элементов в соответствии с ИСО 717-1. Окончательная оценка характеристик здания как для строительных элементов, представляется в виде оценки одним числом, т. е. R_w и $D_{n,e,w}$ для элементов фасада R'_{45° и с использованием коэффициентов согласования спектра $(R_w + C_{tr})$ и $(D_{n,e,w} + C_{tr})$ для элементов фасада $(D_{2m,nT,w} + C_{tr})$. Коэффициенты C_{tr} относятся к октавным полосам в диапазоне от 125 до 2000 Гц или к третьоктавным полосам в диапазоне от 100 до 3150 Гц. Для более широкого диапазона частот должны применяться соответствующие коэффициенты согласования спектра.

Примечание 6 – Для удобства обозначений величины, включающие в себя коэффициент согласования спектра, можно обозначить одним символом, например $R'_w + C_{tr} = R'_{Atr}$ и $D_{2m,nT,w} + C_{tr} = D_{2m,n,nT,Atr}$*.

7 Применяемое в расчетной модели энергетическое суммирование является точным для $(R_w + C_{tr})$ и применимо для R_w.

4.2 Определение прямой звукопередачи по акустическим характеристикам элементов

При расчетах следует учитывать все элементы фасада. Определение коэффициентов звукопроницаемости производят в соответствии с нижеприведенными формулами, в которых отличие малых технических элементов от элементов других видов определяют в соответствии с ЕН 20140-10**.

4.2.1 Малые технические элементы

Для малых технических элементов коэффициент звукопроницаемости рассчитывают по формуле

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n,e,i}/10}, \qquad (14)$$

где $A_0 = 10$ м^2;

$D_{n,e,i}$ – приведенная разность уровней малого технического элемента i, дБ;

---

* Нижний индекс образован аббревиатурой слов «Adaptation term», что соответствует выражению «подстроечный коэффициент».

** Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

S – видимая изнутри здания общая площадь фасада (т. е. сумма площадей всех элементов), м^2.

4.2.2 Другие элементы

Для других элементов коэффициент звукопроницаемости рассчитывают по формуле

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}, \qquad (15)$$

где R_i – звукоизоляция элемента i, дБ;

S_i – площадь элемента i, м^2.

Звукопередачу шума через соединения и уплотнения между элементами необходимо включать в исходные данные для одного из соединяемых элементов.

Примечание – Обычно связь между элементами обусловлена элементами монтажа, применяемыми при лабораторных испытаниях элементов, и таким образом, учитываемыми при определении их акустических характеристик. В противном случае следует вводить отдельный «элемент», учитывающий связь между элементами (см. приложение В).

Акустические характеристики элементов следует брать, прежде всего, из результатов стандартных лабораторных измерений. Они могут быть получены также другими способами, например с помощью теоретических расчетов, эмпирических оценок или результатов натурных измерений. Соответствующая информация содержится в приложении D.

Используемые источники данных должны быть указаны.

4.3 Определение косвенной звукопередачи

Коэффициент звукопроницаемости τ_f для косвенной звукопередачи элемента f определяется суммой коэффициентов звукопроницаемости для всех косвенных путей звукопередачи к данному элементу. Коэффициенты звукопроницаемости косвенной звукопередачи определяют в соответствии с ЕН 12354-1, где за площадь S_i принимают общую площадь фасада S. Для боковых элементов это касается величин τ_{Df} и τ_{Df}, где символом D обозначены элементы фасада, а символом F – части фасада, не являющиеся частью рассматриваемого приемно-

го помещения. Для всех элементов фасада это касается величин τ_{Ni}, где символом d обозначают элементы фасада.

Вклад косвенной звукопередачи, как правило, незначителен. Однако если жесткие элементы, например, из бетона или кирпича связаны с другими жесткими элементами приемного помещения, например с полом или межкомнатной перегородкой, то косвенная звукопередача оказывает влияние на общую звукопередачу шума. Указанное обстоятельство становится важным при высоких требованиях к звукоизоляции.

Примечание – В большинстве случаев нет необходимости рассчитывать величину косвенной звукопередачи. Однако для надежности в ситуациях с жесткими элементами косвенную звукопередачу достаточно учитывать вычитанием 2 дБ из результата, полученного обычным методом определения звукоизоляции жестких элементов фасада.

4.4 Особенности расчета для некоторых частных случаев

Следует иметь в виду, что

- звукопередача остекления и застекленных окон зависит от площади элемента и ниш. Для обычно встречающихся изделий отклонения звукопередачи в натурных условиях по сравнению с лабораторными измерениями незначительны и в практических ситуациях могут не учитываться;

- для звукоизоляции некоторых типов элементов, в частности открывающихся, важное значение имеет качество уплотнения. Поэтому в натурных условиях требуется обеспечить качество уплотнения, соответствующее лабораторным измерениям. В сомнительных случаях звукопередача через зазоры и уплотнения может быть оценена в соответствии с приложением В;

- фактическая звукоизоляция легких двухслойных панелей может быть меньше соответствующих лабораторных результатов для элементов тех же размеров из-за отличий в площади и из-за большего числа соединений;

- звукопередача через малые технические элементы, например воздухозаборники, зависит от их расположения относительно звукоотражающих стен и/или потолков. Данная зависимость может быть учтена местоположением элемента в лаборатории в соответствии с ЕН 20140-10* либо оценена в соответствии с приложением D. Влияние местоположения для небольших элементов также зависит

* Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

от внешних стен и потолков. Указанные факторы следует принимать во внимание при расчете R' (см. приложение D);

- если фасад неплоский, то за его площадь принимают видимую изнутри суммарную площадь всех его частей при условии, что падающий на эти части шум одинаков. Если последнее предположение неприменимо, то каждую часть фасада с одинаковым падающим шумом следует рассматривать отдельно. Если уровень внешнего шума на отдельных частях фасада существенно различен, как это имеет место при больших остекленных выступах (эркерах) или нишах, угловых или чердачных помещениях, то допускается рассматривать эти части либо по отдельности, либо в комбинации как объединенное приемное помещение в зависимости от требований и условий измерений (вид и положение источника шума, положение внешнего микрофона). В последнем случае результаты расчета для каждой части фасада должны быть объединены с учетом значений внешнего уровня шума для каждой части относительно основной позиции (микрофона), заданной для натурных измерений.

4.5 Ограничения

Рассматриваемая расчетная модель имеет следующие ограничения:

- отличие вида звукового поля в реальных условиях от предполагаемой диффузности поля в лабораторных условиях приводит к систематической ошибке. Указанное отличие учитывают в среднем, что позволяет снизить систематическую ошибку при некотором увеличении случайной погрешности расчета;

- влияние помех, вызванных отражениями от фасада, в расчетной модели не учитывают, полагая, что оно незначительно при расстоянии микрофона не менее 2 м от фасада. В общем случае это предположение является обоснованным для октавных уровней, но для третьоктавных уровней влияние помех может оказаться заметным.

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 и модели, типа элементов и их соединений, геометрической конфигурации и качества изготовления элементов зданий. Поэтому не представляется возможным

установить точность расчетов для всех условий и применений. Данные по точности расчетов должны накапливаться с целью последующего сравнения результатов модельных расчетов с натурными измерениями. Однако некоторые показатели могут быть установлены достоверно.

Оценка приведенной разности уровней для составных частей фасада в среднем достоверна. Для оценки одним числом $\left(D_{ls,2m,nT,w}+C_{tr}\right)$ стандартное отклонение приблизительно равно 1,5 дБ, а для отдельных октавных полос оно может увеличиваться до 3 дБ.

Оценка фактической звукоизоляции фасада, состоящего из элементов, ожидается в пределах указанной точности.

Примечание – Изложенные выше положения основаны на сравнении приведенной разности уровней для более чем 70 ситуаций, охватывающих большое разнообразие конструкций фасада. Акустические характеристики составных частей брались для защищаемой стороны фасада. Они приблизительно на 1 дБ ниже результатов лабораторных измерений.

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

Приложение А

(обязательное)

Перечень основных обозначений

Таблица А.1 – Обозначения

Обозначение	Физическая величина	Единицы измерения
A	Эквивалентная площадь звукопоглощения приемного помещения	$м^2$
A_0	Стандартная эквивалентная площадь звукопоглощения, для жилых помещений равная 10 $м^2$	$м^2$
c_0	Скорость звука в воздухе	м/с
C	Коэффициент согласования спектра розового шума в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
C_{tr}	Коэффициент согласования спектра транспортного шума в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
$D_{2m,nT}$	Стандартизованная фасадная разность уровней (дополнительный индекс tr применяют для измерений транспортного шума, и ls – для измерений шума от громкоговорителя)	дБ
$D_{2m,n}$	Приведенная разность уровней (дополнительный индекс tr применяют для измерений транспортного шума, и ls – для измерений шума громкоговорителя)	дБ
$D_{2m,nT,w}$	Оценка одним числом стандартизованной разности уровней в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
$D_{2m,n,w}$	Оценка одним числом приведенной разности уровней в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
$D_{n,e}$	Приведенная разность уровней малого технического элемента	дБ
$D_{n,e,lab}$	Приведенная разность уровней малого технического элемента, определенная в лабораторных условиях	дБ
$D_{n,e,situ}$	Приведенная разность уровней малого технического элемента, определенная в натурных условиях	дБ
f	Частота	Гц
i	Индекс для обозначения элемента фасада	-
j	Индекс для обозначения составной части фасада	-
k	Индекс для обозначения изолированных зазоров и стыков	-
k_0	Волновое число, равное $2\pi f / c_0$	$м^{-1}$
$l_{i,k}$	Длина изолированных зазоров и стыков k	м
l_0	Опорная длина, равная 1 м	м
l_{lab}	Длина малого технического элемента при лабораторных измерениях $D_{n,e,lab}$	м

Продолжение таблицы А.1

Обозначение	Физическая величина	Единицы измерения.
l_{stm}	Длина малого технического элемента в натурных условиях	м
L_1	Средний уровень звукового давления в помещении источника	дБ относительно 20 мкПа
$L_{1,s}$	Средний уровень звукового давления на внешней поверхности фасада	дБ относительно 20 мкПа
$L_{1,in}$	Средний уровень звукового давления внешнего шума	дБ относительно 20 мкПа
$L_{1,2m}$	Средний уровень звукового давления перед фасадом на расстоянии 2 м	дБ относительно 20 мкПа
$L_{eq,1,s}$	Средний эквивалентный уровень звукового давления перед фасадом	дБ относительно 20 мкПа
L_2	Средний уровень звукового давления в приемном помещении	дБ относительно 20 мкПа
$L_{eq,2}$	Средний эквивалентный уровень звукового давления в приемном помещении	дБ относительно 20 мкПа
$L_{2,n}$	Средний уровень звукового давления в приемном помещении, приведенный к A_0	дБ относительно 20 мкПа
$L_{2,nT}$	Средний уровень звукового давления в приемном помещении, приведенный к T_0	дБ относительно 20 мкПа
m	Число боковых элементов или число изолированных зазоров или стыков между отдельными частями	-
n	Число элементов фасада или частей элемента	-
n_e	Число малых технических элементов здания	-
R	Звукоизоляция элемента в соответствии с ЕН ИСО 140-3*	дБ
R'	Фактическая звукоизоляция фасада для диффузного внешнего шума	дБ
$R'_{45°}$	Фактическая звукоизоляции фасадом шума, падающего под углом 45°	дБ
$R'_{tr,s}$	Фактической звукоизоляции фасадом транспортного шума	дБ

* Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

Окончание таблицы А.1

Обозначение	Физическая величина	Единицы измерения
R_i	Звукоизоляция элемента фасада i	дБ
R_j	Звукоизоляция составной части элемента фасада j	дБ
$R_{i,k}$	Звукоизоляция на единицу дины изолированных зазоров или стыков k между частями фасада	дБ
$R'_{45°,w}$	Оценка одним числом фактической звукоизоляции фасадом шума, падающего под углом 45°, в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
$R'_{tr,w}$	Оценка одним числом фактической звукоизоляции фасадом транспортного шума в соответствии с ЕН ИСО 717-1	дБ
S	Общая площадь фасада	$м^2$
S_i	Площадь элемента i фасада	$м^2$
S_j	Площадь части j элемента i	$м^2$
$S_{отв}$	Площадь отверстия в воздухозаборном устройстве	$м^2$
T	Время реверберации приемного помещения	с
T_0	Стандартное время реверберации, для жилых помещений равное 0,5 с	с
V	Объем приемного помещения	$м^3$
W_1	Звуковая мощность шума, падающего на испытуемый элемент в помещении источника	Вт
W_2	Звуковая мощность, излучаемая испытуемым элементом в приемное помещение, обусловленная воздействием на этот элемент шума в помещении источника	Вт
w	Индекс для обозначения оценки одним числом по ЕН ИСО 717-1	-
x, y, r	Расстояние от малых технических элементов до отражающих плоскостей	м
ΔL_{fs}	Фасадная разность уровней	дБ
$\Delta D_{n,e}$	Снижение приведенной разности уровней элемента из-за близости отражающих плоскостей	дБ
$\tau_{e,i}$	Коэффициент звукопроницаемости элемента i фасада	-
τ_f	Коэффициент звукопроницаемости бокового элемента f относительно косвенной звукопередачи в приемном помещении	-

Приложение В
(справочное)

Определение звукопередачи элемента по его составным частям

В.1 Коэффициент звукопроницаемости составного элемента

При отсутствии данных об акустических характеристиках применяемого элемента коэффициент его звукопроницаемости может быть определен по характеристикам отдельных частей данного элемента.

Для типичных элементов, например определенного типа окон, это может быть сделано корректировкой звукоизоляции основной части элемента, т. е. остекления, с учетом влияния оконной рамы и уплотнения. Такая коррекция должна быть основана на результатах общего исследования рассматриваемых параметров.

Другой подход заключается в использовании звукоизоляции каждой части, образующей элемент, с учетом относительной площади частей. При этом следует принимать во внимание заделку швов и зазоры между частями, которые можно рассматривать как специальную составную часть элемента. Для такой части акустические характеристики следует выражать звукоизоляцией на единицу длины с учетом фактической длины соединения частей элемента.

Пренебрегая взаимодействием, которое может иметь место при звукопередаче шума совокупностью малых элементов, коэффициент звукопроницаемости для составного элемента, состоящего из нескольких частей j и уплотнений k между частями, следует оценивать в соответствии с формулой

$$\tau_e = \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{S} 10^{-R_j/10} + \frac{l_0}{S} \sum_{k=1}^{m} l_{i,k} 10^{-R_{i,k}/10}, \qquad (B.1)$$

где R_j – звукоизоляция составной части j элемента, дБ;

S_j – площадь части j элемента, м^2;

$R_{i,k}$ – звукоизоляция на единицу длины изолированных зазоров или стыков k, дБ;

$l_{i,k}$ – длина закрытых пустот или стыков k, м, с опорной длиной $l_0 = 1$ м;

n – количество составных частей элемента;

m – количество изолированных зазоров или стыков между частями.

Примечание – Данную формулу не следует использовать для непосредственного определения акустических характеристик элементов, состоящих из нескольких частей. Ее, однако, можно применять для оценки влияния различных уплотнений, применяемых при лабораторных измерениях индекса звукоизоляции элемента.

В В.2 приведены сведения о звукоизоляции типичных частей элементов фасада, в В.3 – сведения о звукоизоляции изолированных зазоров или стыков.

В.2 Звукоизоляция составных частей элементов фасада

В настоящем разделе приведены сведения о звукоизоляции некоторых типовых изделий, которые применяют в элементах фасада, таких как окна и двери, имеющих остекление, дверные полотна, рамы и уплотнения.

В.2.1 Остекление

Представленные значения звукоизоляции остекления определены по результатам измерений с учетом разброса результатов для номинально одинаковых изделий и поэтому могут считаться надежными. Данные значения могут использоваться при отсутствии других данных и служить типичными показателями для некоторых видов изделий.

Значения звукоизоляции приведены в таблице В.1 для октавных полос вместе с оценкой одним числом $R_w(C;C_{tr})^*$, рассчитанной в соответствии с ЕН ИСО 717-1. Данные представляют собой среднее значение, уменьшенное на стандартное отклонение от 1 до 2 дБ.

Таблица В.1 – Звукоизоляции некоторых видов остекления

Вид остекления	Звукоизоляция, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц						$R_w(C;C_{tr})$, дБ
	125	250	500	1000	2000	4000	
Листовое стекло, мм							
3	14	19	25	29	33	25	28 (-1; -4)
4	17	20	26	32	33	26	29 (-2; -3)
5	19	22	29	33	29	31	30 (-1; -2)
6	18	23	30	35	27	32	31 (-2; -3)
8	20	24	29	34	29	37	32 (-2; -3)
10	23	26	32	31	32	39	33 (-2; -3)
12	27	29	31	32	38	47	34 (0; -2)

* Оценку одним числом $R_w(C)$ звукоизоляции R называют индексом изоляции воздушного шума, $R_w(C_{tr})$ – звукоизоляцией окна $R_{A\,трак}$ и рассчитывают методами по СП 51.13330.2011 «Защита от шума», эквивалентным методам по ЕН ИСО 717-1

Окончание таблицы В.1

Вид остекления	Звукоизоляция, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц						$R_w(C;C_{tr})$, дБ
	125	250	500	1000	2000	4000	
Ламинированное стекло, мм, с ламинированным слоем толщиной от 0,5 до 1 мм							
6+	20	23	29	34	32	38	32 (-1;-3)
8+	20	25	32	35	34	42	33 (-1;-3)
10+	24	26	33	33	35	44	34 (-1;-3)
Двойной стеклопакет из листового простого или ламинированного стекла, мм с расстоянием между стеклами от 6 до 16 мм							
4-(6-16)-4	21	17	25	35	37	31	29 (-1; -4)
6-(6-16)-4	21	20	26	38	37	39	32 (-2; -4)
6-(6-16)-6	20	18	28	38	34	38	31 (-1; -4)
8-(6-16)-6	22	21	28	38	40	47	33 (-1; -4)
8-(6-16)-6	20	21	33	40	36	48	35 (-2; -6)
10-(6-16)-4	24	21	32	37	42	43	35 (-2; -5)
10-(6-16)-6	24	24	32	37	37	44	35 (-1; -3)
6-(6-16)-6+	20	19	30	39	37	46	33 (-2; -5)
6-(6-16)-10+	24	25	33	39	40	49	37 (-1; -5)

Примечания:

1 Вид изделий и параметры соответствуют ЕН 12758-1. Одночисловая оценка определена по значениям в третьоктавных полосах, поэтому одночисловая оценка для октавных полос может иметь разброс не более 1 дБ.

2 Известно, что звукоизоляция двойных оконных остеклений возрастает с увеличением воздушного промежутка. Данный эффект является незначительным, так что его можно не учитывать для воздушных промежутков окон, имеющих разброс результатов как у номинально одинаковых изделий.

При определении звукоизоляции остекления с приведенными в таблице параметрами необходимо учитывать звукопередачу через оконную раму и уплотнения.

Для многих видов остекления, имеющих R_w менее 37 дБ, звукопередачей через оконную раму можно пренебречь, если площадь окна принимают равной сумме площади остекления и площади рамы.

В.2.2 Двери

При определении звукоизоляции дверей необходимо учитывать звукопередачу через дверное полотно, остекление (если имеется), дверные рамы и уплотнения.

Звукоизоляцию дверных полотен или створок с рамой следует относить к площади рассматриваемой конструкции. Для этого применяют метод измерения

звукоизоляции двери целиком с герметизацией щелей и стыков между частями. Этого достаточно, чтобы определить звукоизоляцию для распространенных типов дверей, поскольку расчет для конкретных ситуаций и конструкций следует основывать на результатах измерений для изделия в целом.

В.2.3 Оконные рамы

Звукоизоляцию оконных рам необходимо относить к площади рам. Для этого применяют метод измерения звукоизоляции окна в целом с герметизацией щелей и стыков между частями, причем звукопередача через остекление либо вычитается при расчете, или исключается во время измерений. Этого достаточно, чтобы определить звукоизоляцию для распространенных типов рам, поскольку расчет для конкретных ситуаций и конструкций следует основывать на результатах измерений для изделия в целом.

В.3 Качество уплотнений щелей и стыков

Качество уплотнений щелей и стыков между элементами и частями можно выразить через звукоизоляцию на единицу длины R_l. Стандартного метода измерения этой величины в настоящее время не существует. Метод может быть разработан на основе измерений звукоизоляции в соответствии с ЕН ИСО 140-3 или ЕН 20140-10* с указанием способа монтажа изделия и оценки результатов. Наиболее практичным для этого является метод определения звукоизоляции по результатам измерений типичного элемента с зазорами и/или стыками при наличии и отсутствии их дополнительной герметизации.

* Следует применять ЕН ИСО 10140-2.

Приложение С
(справочное)
Учет формы фасада

Форма фасада может оказывать как положительное (уменьшать звукопередачу), так и отрицательное (увеличивать звукопередачу) влияние. Положительный эффект возникает за счет заслонения или частичного заслонения плоскости фасада балконами или другими объектами. Отрицательный эффект обусловлен дополнительными отражениями и реверберационным звуковым полем, возникающим при частичном ограждении плоскости фасада балконами. Учет указанных факторов при заданной геометрии фасада обеспечивает допустимое соответствие результат измерений (в натурных условиях и на масштабных моделях).

Фасадная разность уровней ΔL_{fs} определяется как разность уровней звукового давления падающего на фасад внешнего звукового поля и уровня звука на поверхности фасада, увеличенная на 6 дБ с целью согласования с нулевой разностью уровней (0 дБ) для плоского отражающего фасада. Фасадная разность уровней может быть рассчитана с достаточной степенью точности по формуле

$$\Delta L_{fs} = L_{1,2м} - L_{1,s} + 3, \qquad (C.1)$$

где $L_{1,2м}$ – средний уровень звукового давления на расстоянии 2 м от фасада, дБ;

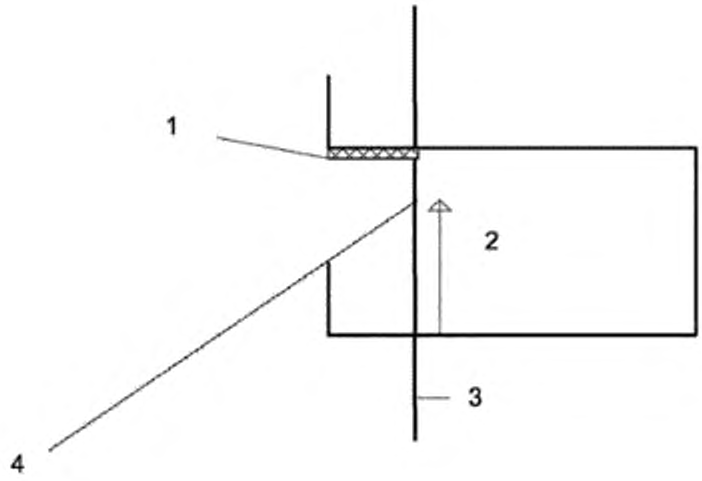
$L_{1,s}$ – средний уровень звукового давления шума на внешней поверхности фасада, включая отражения от нее, дБ.

Форма фасада на рисунке С.1 показана в виде вертикального сечения по галерее, балкону или террасе.

Примеры фасадной разности уровней ΔL_{fs} представлены на рисунке С.2. Значение ΔL_{fs} зависит от формы фасада, от звукопоглощения нижней поверхности балконов и от направления падающего шума.

Наличие звукопоглощающего материала на рисунке С.3 отмечено значениями частотно корректированного коэффициента звукопоглощения $\leq 0{,}3$; 0,6 или $\geq 0{,}9$ в соответствии с ЕН ИСО 11654:1997. Влияние звукопоглощающего материала для промежуточных значений коэффициента звукопоглощения может быть определено путем интерполяции. Значение $\alpha_w \geq 0{,}9$ применяют в случаях, когда отражающая поверхность на фасаде отсутствует. Направление прихода внешнего шума характеризуют высотой точки пересечения линии прямой видимости на ис-

точник шума с плоскостью фасада (далее – высота визирной линии). Соответствующее местоположение источника определяют наименьшей высотой визирной линии (см. Рисунок С.1).



1 –звукопоглощающий материал; *2* – высота визирной линии; *3* – плоскость фасада; *4* – источник шума

Рисунок С.1 – Параметры для определения фасадной разности уровней

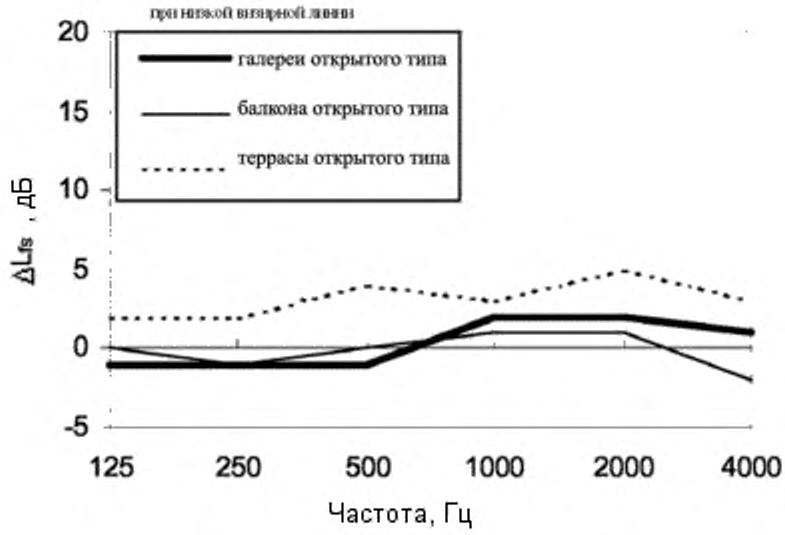
На рисунке С.2 представлены средние по частоте значения фасадной разности уровней. Данные значения могут быть использованы в качестве первого приближения для оценки в полосах частот. Оценка на высоких частотах для значений фасадной разности уровней, превышающих 3 дБ, при этом несколько занижена. Некоторые примеры частотной характеристики фасадной разности уровней представлены на рисунке С.3.

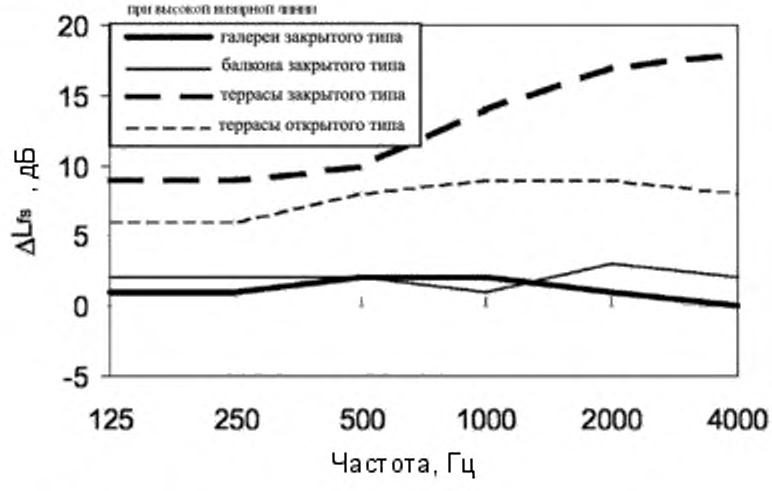
ΔL_{ts} дБ	1 Плоский фасад	2 Галерея			3 Галерея			4 Галерея			5 Галерея		
звукопоглощающий потолок $(\alpha_w) \Rightarrow$	не применимо	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9
высота визирной линии <1,5 м	0	1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	не применимо		
(1,5 2,5) м	0	не применимо			-1	0	2	0	1	3			
>2,5	0				1	1	2	2	2	3	3	4	6

	6 Балкон			7 Балкон			8 Балкон			9 Терраса					
										открытого типа			закрытого типа		
звукопоглощающий потолок $(\alpha_w) \Rightarrow$	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9
высота визирной линии <1,5 м	-1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	3	3	3
(1,5 2,5)м	1	1	3	0	2	4	1	1	2	5	4	5	5	6	*
2,5 м	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	*

Примечание – Фасады различной формы обозначены вертикальным сечением при расположении внешней стороны слева. Положение источника шума характеризуют высотой визирной линии (см. рисунок С.1).

Рисунок С.2 – Фасадная разность уровней для различных форм фасада и положения источника шума





Примечание – Галерея открытого типа соответствует позиции 3 на рисунке С.2, галерея закрытого типа – позиции 4, балкон открытого типа – позиции 6, балкон закрытого типа – позиции 7, терраса открытого типа – позиции 9 с открытым ограждением; низкая визирная линия соответствует высоте < 1,5 м, и высокая визирная линия – > 2,5 м.

Рисунок С.3 – Частотная зависимость фасадной разности уровней в октавных полосах

Приложение D
(справочное)
Звукоизоляция элементов

Звукоизоляцию элементов фасада определяют по результатам измерений в соответствии с ЕН ИСО 140-1, ЕН ИСО 140-3* и ЕН 20140-10*. В настоящем приложении приведены указания по применению результатов измерений или данных из других источников.

D.1 Строительные изделия

Звукоизоляция окон определяется остеклением, рамой, способом установки остекления и герметизацией швов и зазоров. В лабораторных измерениях с открывающимися окнами особое внимание следует обратить на соответствие уплотнения применяемому в натурных условиях. В противном случае влияние различных уплотнений учитывают в соответствии с приложением В.

Звукоизоляцию дверей определяют с учетом конструкции дверного полотна, рамы и герметизации щелей. В лабораторных измерениях особое внимание следует обратить на соответствие уплотнения применяемому в натурных условиях. В противном случае влияние различных уплотнений учитывают в соответствии с приложением В.

Для однородных структур некоторые сведения о звукоизоляции приведены в ЕН 12354-1. Легкие панели, крыши и стены из полого кирпича представляют собой строительные изделия, требующие учета особенностей материала.

D.2 Малые технические элементы

Элементы фасада, например вентиляционные отверстия, отличающиеся большим разнообразием конструктивных деталей, невозможно охарактеризовать обобщенными данными.

Воздухозаборники без глушителей, подобные отверстиям или жалюзи, следует рассматривать как отверстие с незначительной звукоизоляцией. В этом случае приведенную разность уровней элемента рассчитывают по формуле

$$D_{n,e} = -10\lg\frac{S_{open}}{10}, \qquad (D.1)$$

где S_{open} – площадь отверстия, м^2.

---

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

Примечание – В небольших отверстиях могут возникать резонансы, определяемые эффективной глубиной элемента, что приводит к уменьшению приведенной разности уровней элемента в некоторых полосах частот по сравнению со значением, рассчитанным по данной формуле.

Часто имеется большое число идентичных малых элементов или элементов, подобных щелевым воздухозаборникам, превышающим по длине фактически испытанный элемент. Разность уровней элемента, применяемая в расчетах, может быть определена по результатам испытаний с учетом числа элементов n_e или длины элемента l_{situ} по формуле

$$D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10\lg n_e \text{ или } D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10\lg\frac{l_{situ}}{l_{lab}}. \qquad \text{(D.2)}$$

Данная формула применима, если установлено, что для подобных элементов указанная экстраполяция справедлива.

Приведенная разность уровней элемента будет зависеть от позиции элемента на фасаде по отношению к боковым стенам и потолку как внутри, так и снаружи. Если позиция элемента в нормальных условиях эксплуатации постоянна, то размещение элемента в лабораторных условиях следует выполнить таким образом, чтобы обеспечить сопоставимость данных. Если в общем случае данные лаборатории не учитывают зависимость от местоположения элемента, то они могут быть оценены по геометрическим соотношениям.

Поправку $\Delta D_{n,e}$ к приведенной разности уровней элемента рассчитывают по формуле

$$\Delta D_{n,e} = 10\lg\left(1 + 0{,}75\frac{\sin(2k_0x)}{2k_0x} + 0{,}75\frac{\sin(2k_0y)}{2k_0y} + 0{,}75\frac{\sin(2k_0r)}{2k_0r}\right), \qquad \text{(D.3)}$$

где x – расстояние до (ограждающей) поверхности в направлении оси x, м;

y – расстояние до (ограждающей) поверхности в направлении оси y, м;

r – расстояние до угла, образованного поверхностями, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, м;

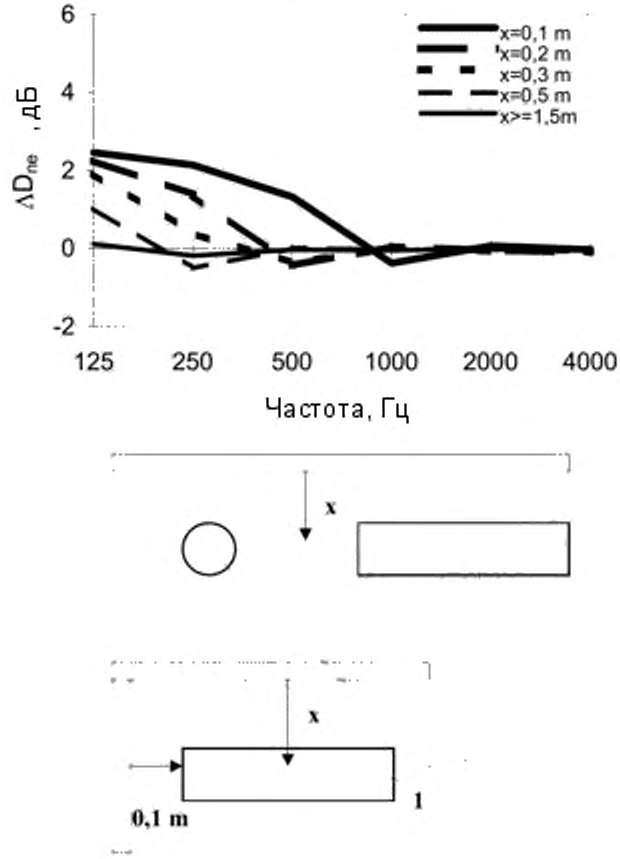
k_0 – волновое число, $k_0 = 2\pi f / c_0$.

Результаты, полученные в соответствии с данной формулой, должны быть усреднены по частоте в рассматриваемом диапазоне частот и по открытой площади элемента.

Окончательно приведенная разность уровней элемента, расположенного в углу рассчитывается по формуле

$$D_{n,e,corner} = D_{n,e,free} - \Delta D_{n,e}. \quad (D.4)$$

Для октавных полос и двух типов элементов результирующий эффект показан на рисунке D.1 (двугранный угол) и D.2 (трехгранный угол). Если угловое расположение имеет место для обеих сторон фасада (внутри и снаружи), то результаты для кривых, приведенных на рисунке, необходимо сложить.

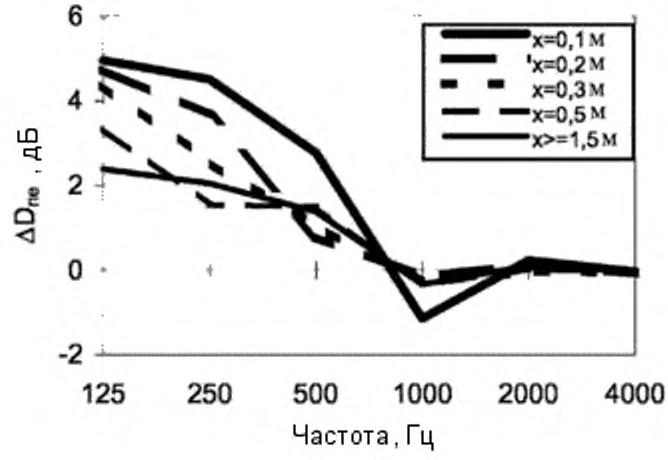


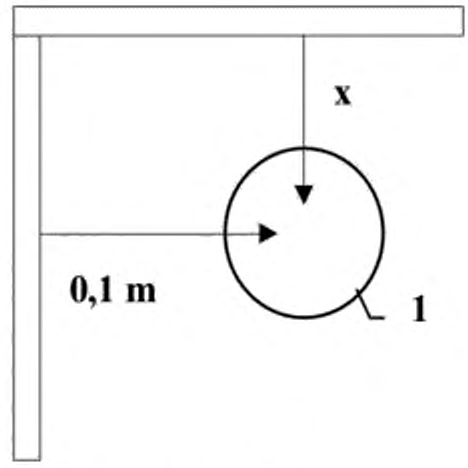
1 – элемент

Примечание – Малый технический элемент расположен вблизи двугранного угла; в двугранном или трехгранном углу имеется промежуток между гранями и элементом.

Рисунок D.1 – Влияние на D_{ne} близости расположения элемента от боковых стен или потолков (внутренних или внешних) по сравнению с ситуацией без отражающих боковых стен

Приведенная разность уровней для малого технического элемента в натурных условиях может зависеть от угла падения звуковой волны в большей степени, чем для других типов элементов фасада. В частности, для вентиляционных отверстий имеется тенденция к понижению приведенной разности уровней на 1 – 3 дБ при прямом вхождении шума в отверстие.





1 – элемент

Рисунок D.2 – Ситуация, аналогичная изображенной на рисунке D.1, для малого технического элемента вблизи трехгранного угла

Приложение Е
(справочное)
Оценка уровней внутреннего шума

Уровень звукового давления внутреннего шума можно оценить по измеренному или рассчитанному уровню звукового давления внешнего шума, используя фасадную разность уровней.

Поскольку определение фасадной разности уровней в соответствии с ЕН ИСО 140-5 производится на расстоянии 2 м от фасада, то уровень звукового давления внешнего шума должен соответствовать тому же расстоянию. Если уровень звукового давления внешнего шума относится к другому местоположению или ситуации, то определенный по нему уровень звукового давления внутреннего шума будет соответствовать тому же положению. Например, уровень, определенный по уровню звукового давления внешнего шума (при отсутствии здания) с учетом отражений от плоскости фасада, будет иметь завышенное на 3 дБ значение для всех частотных полос.

Уровень звукового давления внутреннего шума, приведенный к стандартной эквивалентной площади звукопоглощения 10 м^2, рассчитывают по формуле

$$L_{2,n} = L_{1,2m} - D_{2m,n}, \quad (E.1)$$

где $L_{2,n}$ – средний уровень звукового давления в приемном помещении, приведенный к стандартной площади звукопоглощения 10 м^2, дБ;

$L_{1,2m}$ – уровень звукового давления внешнего шума на расстоянии 2 м от фасада в соответствии с ЕН ИСО 140-5, дБ;

$D_{2m,n}$ – приведенная разность уровней, определяемая в соответствии с настоящим стандартом, дБ.

Уровень звукового давления внутреннего шума, приведенный к стандартному времени реверберации 0,5 с, рассчитывают по формуле

$$L_{2,nT} = L_{1,2m} - D_{2m,nT}, \quad (E.2)$$

где $L_{2,nT}$ – средний уровень звукового давления в приемном помещении, приведенный к стандартному времени реверберации 0,5 с, дБ;

$D_{2m,nT}$ – стандартизованная разность уровней, определяемая в соответствии с настоящим стандартом, дБ.

Если форма фасада отличается от плоской, имеет большие ниши или эркеры, угловые или чердачные помещения, то соответствующая разность уровней должна включать в себя звукопередачу всеми частями фасада относительно основной позиции (микрофона) в соответствии с 4.4. Также уровень звукового давления внутреннего шума определяют суммированием вклада каждого элемента фасада с учетом уровня звукового давления внешнего шума, влияния формы фасада и индекса фактической звукоизоляции для каждого элемента ограждения.

Уровень звука внутреннего шума может быть определен расчетом в частотных полосах для соответствующего диапазона частот с использованием коррекции по частотной характеристике *A*.

Уровень звука внутреннего шума может быть определен непосредственно по уровню звукового давления внешнего шума в соответствии с вышеуказанной формулой при условии, что разность уровней является оценкой одним числом соответствующего спектра внешнего шума согласно EN ISO 717-1, т. е. с использованием, например $\left(D_{2m,nT,w}+C_{tr}\right)$ или $\left(D_{2m,n,w}+C\right)$. Данные коэффициенты согласования спектров в этих выражениях относятся к октавным полосам в диапазоне частот от 125 до 2000 Гц или к третьоктавным полосам в диапазоне от 100 до 3150 Гц. При необходимости рассмотрения более широкого диапазона частот следует использовать коэффициенты согласования спектров для расширенного диапазона.

Приложение F
(справочное)
Пример расчета

F.1 Элементы фасада

F.1.1 Исходные параметры помещения и элементов фасада

Площадь фасада помещения составляет 11,3 м^2, объем помещения 50 м^3, помещение не имеет балконов.

Элементы фасада и их параметры:

1 – двойная кирпичная кладка (120 – 50 – 100) мм площадью 6 м^2;

2 – окно площадью 4,5 м^2 с деревянными рамами, остеклением (6 – 12 – 4) мм и открывающейся створкой площадью 2,5 м^2;

3 – открываемое окно площадью 0,5 м^2 с деревянными рамами, остеклением 6 мм;

4 – акустически обработанный воздухозаборник, расположенный выше окна и установленный в деревянной раме размерами 3,0 × 0,10 м; производительность 18 дм^3/с при давлении 1 Па.

F.1.2 Акустические данные элементов

Элемент	Звукоизоляция, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц					$R_w(C;C_{tr})$	(R_w+C_w)
	125	250	500	1000	2000	дБ	дБ
1: двойная стена плотностью 400 кг/м^3	41	46	52	58	64	57 (-2;-6)	51
2: окно (6-12-4) мм	23	22	30	36	37	33 (-1;-4)	29
3: окно со стеклом 6 мм	24	27	30	33	30	32 (-1;-4)	30
4: воздухозаборник производительностью 18 дм^3/с (6 дм^3/с на 1 м длины)	33	28	30	43	49	37 (-1;-3)	34
l = 3 m: –10lg 3	28	23	25	38	44	32 (-1;-3)	29

Фасадная разность уровней $\Delta L_{fs} = 0$ дБ.

F.1.3 Результаты для фасада

Элемент	Отношение площадей S_i / S_f или $10 / S_f$	Значение $R_p = -10\lg \tau_e$, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц					$(R_{p,w} + C_{tr})$
		125	250	500	1000	2000	дБ
1	6,0/11,3=0,53 формула (15)	43,7	48,7	54,7	60,7	66,7	53,9
2	4,5/11,3=0,40 формула (15)	27,0	26,0	34,0	40,0	41,0	33,5
3	0,5/11,3=0,044 формула (15)	37,6	40,6	43,6	46,6	43,6	43,7
4	10/11,3=0,88 формула (14)	28,5	23,5	25,5	38,5	44,5	29,5
R' формула (10)		24,4	21,5	24,9	35,4	37,5	27,8
$D_{2m,nT}$ формула (13)		25,9	23,0	26,4	36,9	39,0	29,3

Оценки одним числом в соответствии с EN ISO 717-1:

$R'_w(C;C_{tr}) = 31(-1;-3)$. Таким образом, $R'_{tr,s,w} = 31$дБ и $R'_{tr,s,w} + C_{tr} = 31 - 3 = 28$дБ;

$D_{2m,nT,w} = 33$дБ и $D_{2m,nT,w} + C_{tr} = 33 - 4 = 29$дБ

Примечание – Расчет по данным в полосах частот дает ту же оценку одним числом, что и ее непосредственное вычисление.

F.2 Предыдущий пример для составных частей элементов согласно приложению B

F.2.1 Дополнительные данные для частей элементов 2 и 3

Часть	Звукоизоляция, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц					$R_w(C;C_{tr})$	$(R_w + C_{tr})$
	125	250	500	1000	2000	дБ	дБ
Остекление (6-12-4) мм	22	21	29	37	37	33 (-2;-5)	28
Стекло 6 мм	21	25	28	31	27	29 (-1;-1)	28
Рама	31	34	34	39	41	39 (-1;-2)	37

F.2.2 Результаты по элементам

Элемент/части	Отношение площадей S_i / S_f, l_k / S_f или $10 / S_f$	Значение $R_p = -10\lg\tau_e$ [формула (B.1)], дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц					$(R_{p,w} + C_{tr})$
		125	250	500	1000	2000	дБ
2: стекло, оконная рама, уплотнение 6,3 м с $R_s = 60$ дБ и уплотнение 8,4 м с $R_s = 45$ дБ (открываемые части)							
Стекло	3,2/11,3 = 0,28	27,5	26,5	34,5	42,5	42,5	34,0
Рама	1,4/11,3 = 0,12	40,2	43,2	43,2	48,2	53,2	46,0
Уплотнение	6,3/11,3 = 0,56	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5
Уплотнение	8,4/11,3 = 0,74	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3	46,3
$R_p = -10\lg\tau_e$		27,2	26,4	33,7	40,2	40,7	33,5
3:стекло, оконная рама и 2,4 м одиночное уплотнение с $R_s = 35$ (открываемое)							
Стекло	0,25/11,3 = 0,022	37,6	41,6	44,6	47,6	43,6	44,4
Рама	0,25/11,3 = 0,022	47,6	50,6	50,6	55,6	60,6	53,4
Уплотнение	2,4/11,3 = 0,21	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7
$R_p = -10\lg\tau_e$		35,9	38,4	39,6	40,6	39,5	39,7

F.2.3 Результаты для фасада

Элемент	Значение $R_p = -10\lg\tau_e$, дБ, в зависимости от частоты октавной полосы, Гц					$(R_{p,w} + C_{tr})$
	125	250	500	1000	2000	дБ
1	43,7	48,7	54,7	60,7	66,7	53,9
2	27,2	26,4	33,7	40,2	40,7	33,5
3	35,9	38,4	39,6	40,6	39,5	39,7
4	28,5	23,5	25,5	38,5	44,5	29,5
R' формула (10)	24,4	21,6	24,7	34,9	36,3	27,7
$D_{2m,nT}$ формула (13)	25,9	23,1	26,2	36,4	37,8	29,2

В соответствии с EN ISO 717-1 $R_w(C;C_{tr}) = 31(-1;-3)$. Таким образом, $R_{tr,s,w} = 31$ дБ и

$R'_{tr,s,w} + C_{tr} = 31 - 3 = 28$ дБ;

$D_{2m,nT,w} = 33$ дБ и $D_{2m,nT,w} + C_{tr} (= D_{2m,nT,Atr}) = 33 - 4 = 29$ 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 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»
ЕН 20140-10	IDT	ГОСТ Р ИСО 10140-1:2012 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий» Части 1 - 5
ЕН ИСО 140-1	IDT	ГОСТ Р ИСО 10140-1:2012 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий» Части 1 - 5
ЕН ИСО 140-3	IDT	ГОСТ Р ИСО 10140-1:2012 «Акустика. Лабораторные измерения звукоизоляции элементов зданий» Части 1 - 5
ЕН ИСО 140-5	–	*
ЕН ИСО 717-1	–	*
ЕН ИСО 11654	MOD	ГОСТ Р 53377-2009. Материалы звукопоглощающие, применяемые в зданиях. Оценка звукопоглощения
* 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] Gerretsen, E., Geluidreductie door gevels - rekenmethode, ICG-report WG-HR-05-02, 1981.

[2] Homb, A.,S. Hveem, Isolering mot utend0rs st0y - Beregningsmetode og datasamling, Norges byggforskningsinstitutt Handbok 39, 1988.

[3] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, November 1989.

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

[5] Rindel, J.H., Transmission of traffic noise through windows, Acoustics Laboratory Technical University of Denmark, report 9, 1975.

[6] EN 12758:2011. Glass in building. Glazing and airborne sound insulation. Product descriptions and determination of properties

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 91.120.20:13.140

Ключевые слова: индекс звукоизоляции, разность уровней звукового давления, фасадная разность уровней; эквивалентная площадь звукопоглощения

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

Руководитель темы С.Н.Арзамасов

gost.e-ecolog.ru