МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 3743-1— 2024

Акустика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ И ЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ ИСТОЧНИКОВ ШУМА ПО ЗВУКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ

Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях

Часть 1

Метод сравнения для испытательного помещения с жесткими стенами

(ISO 3743-1:2010, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 октября 2024 г. № 178-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2024 г. № 1883-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 3743-1—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2025 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 3743-1:2010 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях. Часть 1. Метод сравнения для испытательного помещения с жесткими стенами» («Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for small movable sources in reverberant fields — Part 1: Comparison method for a hard-wall test room», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации ТС 43 «Акустика», подкомитетом SC 1 «Шум» Международной организации по стандартизации (ISO).

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

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2010
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025



В Российской Федерации 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 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины и определения 2
4 Испытательное помещение и размер испытуемого источника шума 5
5 Средства измерений 7
6 Расположение, установка и работа испытуемого источника шума 7
7 Измерения 9
8 Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии 11
9 Неопределенность измерения 15
10 Регистрируемая информация 18
11 Протокол испытаний 19
Приложение А (обязательное) Приведение уровней звуковой мощности и звуковой энергии к нормальным атмосферным условиям 20
Приложение В (обязательное) Расчет корректированных по А уровней звуковой мощности и звуковой энергии на основе результатов измерений в полосах частот 21
Приложение С (рекомендуемое) Руководство по применению информации для расчета неопределенности измерения 22
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 30
Библиография 31

Введение

Настоящий стандарт входит в серию базовых стандартов (см. [1]—[7]), устанавливающих методы определения уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума, таких как машины, оборудование и их узлы. Выбор конкретного метода зависит от целей испытаний по определению уровня звуковой мощности (звуковой энергии) и от имеющегося в распоряжении испытательного оборудования. Общее руководство по выбору метода испытаний установлено в [1]. Стандарты [1]—[7] и настоящий стандарт дают только общие рекомендации в отношении установки машин и условий их работы при испытаниях. Подробные требования должны быть установлены в испытательных кодах по шуму для машин разных видов.

Метод, установленный настоящим стандартом, основан на сравнении эквивалентных уровней звукового давления в октавных полосах частот, создаваемых испытуемым источником шума и образцовым источником шума. Полученные результаты измерений в октавных полосах частот могут быть использованы для получения уровней звуковой мощности или звуковой энергии с коррекцией по частотной характеристике А. Метод предназначен для испытаний портативного оборудования в условиях испытательных помещений с жесткими стенами, удовлетворяющих заданным требованиям к их акустическим характеристикам. Такие помещения не предназначены для испытаний крупногабаритного, стационарно устанавливаемого оборудования, которое не может быть перемещено в другое испытательное пространство. Для испытаний крупногабаритного оборудования применяют метод, установленный в [7].

Метод настоящего стандарта относится к техническим методам по классификации ISO 12001. Если задачи определения уровня звуковой мощности или звуковой энергии источника шума требуют точности более высокой, чем обеспечивает технический метод, то следует применять точные методы измерений, установленные [2], [15] или [17]. Также к другим стандартам серий ([2]—[7]) или [15], [17] следует обращаться при невозможности обеспечения условий измерений в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Акустика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ И ЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ ИСТОЧНИКОВ ШУМА ПО ЗВУКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ

Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях

Часть 1

Метод сравнения для испытательного помещения с жесткими стенами

Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Engineering methods for small movable sources in reverberant fields. Part 1. Comparison method for a hard-wall test room

Дата введения — 2025—12—01

1 Область применения

1.1 Общие положения

Настоящий стандарт устанавливает метод измерений уровней звуковой мощности источников шума (машин и оборудования) или, если шум источника имеет импульсный характер или форму переходного процесса, уровней звуковой энергии в октавных полосах частот по результатам сравнительных измерений эквивалентных уровней звукового давления, создаваемых испытуемым источником шума, установленным в испытательном помещении с жесткими стенами и заданными акустическими характеристиками, и образцовым источником шума. Уровни звуковой мощности или звуковой энергии с коррекцией по частотной характеристике А (далее — корректированные по А) рассчитывают по результатам измерений в октавных полосах частот.

1.2 Вид шума и источники шума

Настоящий стандарт распространяется на все виды шума (постоянный, непостоянный, флуктуирующий, единичные импульсы и др.) по ISO 12001.

Испытуемыми источниками шума могут быть технические устройства, машины и их узлы. Максимальный размер испытуемого источника шума зависит от размера испытательного помещения (см. 4.2).

1.3 Испытательное пространство

Условия испытаний, соответствующие требованиям настоящего стандарта, могут быть созданы внутри помещений с жесткими стенами, удовлетворяющими требованиям к заданным акустическим характеристикам (см. 4.3).

1.4 Неопределенность измерения

В настоящем стандарте приведены сведения о неопределенности измерения уровней звуковой мощности (звуковой энергии) в октавных полосах частот, корректированных по А. Неопределенность измерения соответствует установленной ISO 12001 для технического метода измерений.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 5725 (all parts), Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results [Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений]

ISO 6926, Acoustics — Requirements for the performance and calibration of reference sound sources used for the determination of sound power levels (Акустика. Требования к характеристикам и калибровке образцового источника шума, применяемого для определения уровней звуковой мощности)

ISO 12001[1)], Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Rules for the drafting and presentation of a noise test code (Акустика. Шум, излучаемый машинами и оборудованием. Правила составления испытательных кодов по шуму)

ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения)

IEC 60942[2)], Electroacoustics — Sound calibrators (Электроакустика. Калибраторы акустические)

IEC 61260[3)], Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters (Электроакустика. Полосовые фильтры на октаву и долю октавы)

IEC 61672-1[4)], Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications (Электроакустика. Шумомеры. Часть 1. Технические требования)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **звуковое давление** (sound pressure) p: Разность между мгновенным и статическим давлениями воздушной среды.

Примечание 1 — Определение термина модифицировано по отношению к [19], 8-9.2.

Примечание 2 — Выражают в паскалях (Па).

3.2 **уровень звукового давления**[5)] (sound pressure level) L_p: Десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления p к квадрату опорного звукового давления p_0 (p_0 = 20 мкПа), выраженный в децибелах (дБ),

$$L_p = 10 \lg \left[\frac{p^2}{p_0^2} \right]. \quad (1)$$

[ISO/TR 25417:2007, 2.2]

[1)] *В оригинале вводимого международного стандарта приведена датированная ссылка (ISO 12001:1996), которая заменена недатированной ввиду отсутствия в тексте ссылок на структурные элементы указанного стандарта.*

[2)] *В оригинале вводимого международного стандарта приведена датированная ссылка (IEC 60942:2003), которая заменена недатированной ввиду отсутствия в тексте ссылок на структурные элементы указанного стандарта.*

[3)] *В оригинале вводимого международного стандарта приведена датированная ссылка (IEC 61260:1995), которая заменена недатированной ввиду отсутствия в тексте ссылок на структурные элементы указанного стандарта. IEC 61260 заменен документом, состоящим из трех частей. В целях настоящего стандарта следует использовать IEC 61260-1 «Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters — Part 1: Specifications» (Электроакустика. Полосовые фильтры на октаву и долю октавы. Часть 1. Технические требования).*

[4)] *В оригинале вводимого международного стандарта приведена датированная ссылка (IEC 61672-1:2002), которая заменена недатированной ввиду отсутствия в тексте ссылок на структурные элементы указанного стандарта.*

[5)] *Данный термин приведен в оригинале вводимого международного стандарта, однако в тексте стандарта он не используется.*

Примечание 1 — Применение коррекций по частотным или временным характеристикам, а также ограничение полосы частот измерений отражают соответствующим подстрочным индексом. Например, L_{pA} — уровень звукового давления, корректированного по А.

Примечание 2 — Пояснение к термину приведено в [19], 8-22.

3.3 **эквивалентный уровень звукового давления** (time-averaged sound pressure level) $L_{p,T}$: Десятикратный десятичный логарифм отношения усредненного на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2) квадрата звукового давления p к квадрату опорного звукового давления p_0 (p_0 = 20 мкПа), выраженный в децибелах (дБ),

$$L_{p,T} = 10\lg\left[\frac{\frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2} p^2(t)dt}{p_0^2}\right]. \quad (2)$$

Примечание 1 — Обычно подстрочный индекс «T» опускают, поскольку из самого термина следует, что величину определяют на заданном временном интервале.

Примечание 2 — В большинстве применений интегрирование на временном интервале T сопровождается использованием коррекции по частотной характеристике А. Соответствующую величину обозначают $L_{pA,T}$ или сокращенно L_{pA}.

Примечание 3 — Определение термина модифицировано по отношению к [18], 2.3.

3.4 **уровень экспозиции отдельного шумового события** (single event time-integrated sound pressure level) L_E: Десятикратный десятичный логарифм отношения интегрированного на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2) квадрата звукового давления p отдельного шумового события (звукового импульса или переходного процесса) к опорному значению дозы шума E_0 [E_0 = (20 мкПа)^2 с = 4 · 10^{-10} · Па^2 с], выраженный в децибелах (дБ),

$$L_E = 10\lg\left[\frac{\int_{t_1}^{t_2} p^2(t)dt}{E_0}\right]. \quad (3)$$

Примечание 1 — Данная величина может быть выражена через эквивалентный уровень звукового давления по формуле $L_E = L_{p,T} + 10\lg\frac{T}{T_0}$, где T_0 = 1 с.

Примечание 2 — В случае описания звуковой иммиссии данную величину обычно называют «уровень звукового воздействия» (см. [18]).

3.5 **продолжительность измерений** (measurement time interval) T: Период, включающий в себя часть операционного цикла или несколько операционных циклов источника шума, в течение которого проводят измерения эквивалентного уровня звукового давления.

Примечание — Выражают в секундах (с).

3.6 **метод сравнения** (comparison method): Метод измерения уровней звуковой мощности или звуковой энергии с использованием сравнения результатов измерений эквивалентных уровней звукового давления, создаваемых испытуемым источником шума и образцовым источником шума с известным уровнем звуковой мощности, которые получены при работе обоих источников в одном и том же испытательном пространстве.

3.7 **испытательное помещение с жесткими стенами** (hard-walled test room): Помещение, все внутренние поверхности которого (включая пол и потолок) обладают высокой способностью отражения звуковых волн во всем диапазоне частот измерений.

3.8 **реверберационное (звуковое) поле** (reverberant sound field): Звуковое поле в той части испытательного помещения, в которой вклад в общее поле звуковой волны, пришедшей непосредственно от испытуемого источника, пренебрежимо мал.

3.9 **коэффициент звукопоглощения** (sound absorption coefficient) α: Доля падающей на поверхность и не отраженной ею мощности звука на данной частоте в заданных акустических условиях.

3.10 **образцовый источник шума** (reference sound source): Источник звука, отвечающий установленным требованиям.

Примечание — Требования к образцовому источнику шума, применяемому в соответствии с настоящим стандартом, установлены в ISO 6926:1999 (раздел 5).

3.11 **диапазон частот измерений** (frequency range of interest): В общем случае диапазон частот, включающий в себя октавные полосы со среднегеометрическими частотами (номинальными) от 125 до 8000 Гц.

Примечание — В отдельных случаях диапазон частот измерений может быть расширен или сокращен, если при этом условия испытаний и применяемые средства измерений будут удовлетворять требованиям настоящего стандарта. При расширении диапазона частот измерений он может включать в себя октавную полосу со среднегеометрической частотой 63 Гц, но не октавные полосы верхних частот со среднегеометрическими частотами свыше 8000 Гц. Любое расширение или сокращение диапазона частот измерений отражают в протоколе испытаний.

3.12 **огибающий параллелепипед** (reference box): Воображаемая поверхность в виде прямоугольного параллелепипеда наименьшего объема, опирающегося одной гранью на пол испытательного помещения и заключающего в себе все элементы испытуемого источника шума, излучение которых дает существенный вклад в общий шум источника, вместе с испытательным столом (стендом), на который источник шума установлен (при его наличии).

Примечание — При необходимости может быть использован испытательный стол самых малых из возможных размеров, обеспечивающий совместимость с измерениями звукового давления излучения в контрольных точках вблизи источника шума.

3.13 **фоновый шум** (background noise): Шум от всех источников, кроме испытуемого.

Примечание — Фоновый шум может включать в себя воздушный шум, шум излучения вибрирующих поверхностей, электрический шум средств измерений.

3.14 **коррекция на фоновый шум** (background noise correction) K_1: Поправка к полученному значению эквивалентного уровня звукового давления, вносимая для учета влияния фонового шума.

Примечание 1 — Выражают в децибелах (дБ).

Примечание 2 — Зависит от частоты. При измерениях в полосе частот коррекцию на фоновый шум обозначают K_{1f}, где f — среднегеометрическая частота полосы. При измерениях в широкой полосе с коррекцией по частотной характеристике А коррекцию на фоновый шум обозначают K_{1A}.

3.15 **звуковая мощность (через поверхность)** (sound power) P: Интеграл по поверхности от произведения звукового давления p и составляющей скорости колебаний точки поверхности, нормальной к этой поверхности, u_n.

[ISO 80000-8:2007, 8-16]

Примечание 1 — Выражают в ваттах (Вт).

Примечание 2 — Данная величина характеризует скорость излучения звуковой энергии источником в воздушную среду.

3.16 **уровень звуковой мощности** (sound power level) L_W: Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности P к опорной звуковой мощности P_0(P_0 = 1 пВт), выраженный в децибелах,

$$L_W = 10 \lg \frac{P}{P_0}. \quad (4)$$

Примечание 1 — При измерениях с применением коррекции по одной из частотных характеристик, установленных IEC 61672-1, или в заданной полосе частот в обозначение уровня звуковой мощности добавляют

соответствующий подстрочный индекс. Например, L_{WA} обозначает уровень звуковой мощности, корректированный по А.

Примечание 2 — Определение содержательно совпадает с [19], 8-23.

[ISO/TR 25417:2007, 2.9]

3.17 **звуковая энергия** (sound energy) J: Интеграл от звуковой мощности P на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2),

$$J = \int_{t_1}^{t_2} P(t)dt. \quad (5)$$

Примечание 1 — Выражают в джоулях (Дж).

Примечание 2 — Данную величину обычно используют для описания нестационарных процессов и перемежающихся звуковых событий.

[ISO/TR 25417:2007, 2.10]

3.18 **уровень звуковой энергии** (sound energy level) L_J: Десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой энергии J к опорной звуковой энергии J_0 (J_0 = 1 пДж), выраженный в децибелах,

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}. \quad (6)$$

Примечание — При измерениях с применением коррекции по одной из частотных характеристик, установленных IEC 61672-1, или в заданной полосе частот в обозначение уровня звуковой энергии добавляют соответствующий подстрочный индекс. Например, L_{JA} обозначает уровень звуковой энергии, корректированный по А.

[ISO/TR 25417:2007, 2.11]

4 Испытательное помещение и размер испытуемого источника шума

4.1 Огибающий параллелепипед

Требования к размерам испытательного помещения определяются размерами огибающего параллелепипеда — воображаемой поверхности минимального объема в форме прямоугольного параллелепипеда, охватывающей испытуемый источник шума. При определении размеров испытуемого источника учитывают все элементы, вносящие существенный вклад в излучаемый источником шум, в том числе вспомогательное оборудование, которое невозможно ни удалить из испытательного пространства, ни сделать существенно менее звукоизлучающим за счет принятия соответствующих мер. Вместе с тем при определении размеров огибающего параллелепипеда не учитывают элементы испытуемого источника, которые не излучают шум в испытательное пространство.

4.2 Объем испытательного помещения и допустимые размеры испытуемого источника шума

Объем испытательного помещения должен быть не менее 40 м^3 и не менее чем в 40 раз превышать объем огибающего параллелепипеда.

Для помещений объемом от 40 до 100 м^3 максимальный размер ребра огибающего параллелепипеда не должен превышать 1,0 м, а для помещений объемом более 100 м^3 он должен быть не более 2,0 м.

4.3 Акустические свойства испытательного помещения

Испытательное помещение должно иметь акустически жесткие внутренние поверхности, для которых коэффициент звукопоглощения α в любом месте этих поверхностей не должен превышать 0,20 во всем диапазоне частот испытаний. Как правило, этому требованию удовлетворяют помещения без внутренней обстановки, пол, потолок и стены которых не подвергались специальной обработке (облицовке, нанесению покрытия) для повышения их звукопоглощающих свойств. В таблице 1 приведены рекомендации по оценке пригодности испытательного помещения.

Таблица 1 — Помещения, пригодные и не пригодные для проведения испытаний

Пригодные помещения	Непригодные помещения
Практически пустое помещение с гладкими жесткими стенами из бетона, кирпича, оштукатуренными или покрытыми облицовочной плиткой	Помещение с предметами с обивками (драпировками), машинный зал или производственное помещение с небольшим количеством звукопоглощающего материала на потолке или стенах (например, с частично звукопоглощающим потолком)
Частично заполненное помещение, помещение с гладкими жесткими стенами	Помещение с некоторым количеством звукопоглощающего материала на потолке и стенах
Помещение без предметов с обивкой или драпировкой, машинный зал или производственное помещение почти кубической формы без звукопоглощающих материалов на внутренних поверхностях	Помещение с большим количеством звукопоглощающего материала на потолке или стенах
Помещение неправильной формы без предметов с обивкой или драпировкой, машинный зал или производственное помещение неправильной формы без звукопоглощающих материалов на внутренних поверхностях	

4.4 Проверка пригодности испытательного помещения по акустическим свойствам

Одно и то же помещение может быть пригодным или не пригодным для проведения испытаний в зависимости от особенностей испытуемого источника шума. Особо высокие требования к испытательному помещению предъявляются в случае испытаний источников с узконаправленным излучением. Проверка пригодности испытательного помещения состоит в следующем.

Источник широкополосного узконаправленного излучения с показателем направленности (см. [4] или [5]) не менее 5 дБ на всех частотах диапазона частот измерений свыше 500 Гц устанавливают в испытательном помещении в соответствии с требованиями 6.3 так, чтобы основное направление излучения звуковой энергии находилось в пределах 45° от горизонтальной плоскости (условие 1), и соответствующая ему звуковая волна претерпевала по крайней мере одно отражение от внутренних поверхностей помещения, прежде чем достигнуть с минимальными потерями каждой из точек измерений (установки микрофона). Места установки микрофонов выбирают в соответствии с 7.3. Определяют $\overline{L_{p1}}$ — среднее по точкам измерений значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот $\overline{L'_{p(ST)}}$ [см. формулу (10)], из которого вычтена поправка на фоновый шум K_1 [см. формулу (13)], для данного (первого) положения источника шума. Затем источник звука поворачивают относительно первоначального положения на угол от 45° до 135° с соблюдением условия 1 и требований 6.3, и для данного положения источника определяют значение $\overline{L_{p2}}$. Указанную процедуру повторяют еще два раза для получения значений $\overline{L_{p3}}$ и $\overline{L_{p4}}$. В своем последнем, четвертом положении источник шума должен быть повернут относительно первоначального положения на угол от 45° до 90°. После этого источник шума поворачивают таким образом, чтобы основное направление излучения было направлено вверх и находилось в пределах 45° от вертикали (условие 2), и повторяют всю вышеописанную процедуру полностью с соблюдением условия 2, получая еще четыре значения среднего по точкам измерений эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот с поправкой на фоновый шум. Помещение считают пригодным для проведения испытаний в соответствии с настоящим стандартом, если максимальная разность полученных результатов для любых двух положений источника шума в каждой из октавных полос со среднегеометрическими частотами от 125 до 8000 Гц не будет превышать значений стандартного отклонения воспроизводимости, приведенных в таблице 3.

Примечание — Вместо источника узконаправленного излучения для проверки пригодности испытательного помещения допускается использовать источник, излучение которого схоже с излучением испытуемого источника шума. Однако в этом случае пригодность помещения может быть подтверждена только для испытаний источников данного типа.

4.5 Требования к уровню фонового шума

Требования настоящего стандарта к фоновому шуму считают выполненными, если средний по точкам измерений или траекториям сканирования (см. 8.1.2) эквивалентный уровень звукового давления фонового шума в октавных полосах частот будет ниже соответствующих эквивалентных уровней звукового давления для испытуемого источника шума (в случае отдельного шумового события продолжительность измерений должна совпадать с продолжительностью этого события — см. 8.2.3) и для образцового источника шума, измеренных в условиях действия фонового шума, на величину ΔL_p, равную или превышающую 6 дБ (предпочтительно 15 дБ).

Примечание — При необходимости провести измерения в условиях, где $\Delta L_p < 6$ дБ, применяют [15] или [16].

4.6 Температура и относительная влажность воздуха

Температуру и относительную влажность воздуха в помещении следует регистрировать и поддерживать, насколько это возможно, постоянными в течение всего времени измерений.

5 Средства измерений

5.1 Общие положения

Измерительная система, включая микрофоны и соединительные кабели, должна соответствовать требованиям к средствам измерений класса 1 по IEC 61672-1:2002, а электронные фильтры — класса 1 по IEC 61260:1995. Образцовый источник шума должен удовлетворять требованиям ISO 6926.

5.2 Калибровки

До и после каждой серии измерений проверяют калибровку каждой измерительной цепи на одной или нескольких частотах в пределах диапазона частот измерений с использованием акустического калибратора класса 1 по IEC 60942 без выполнения регулировок измерительной цепи. Разность показаний до и после проведения измерений не должна превышать 0,5 дБ. Если данное требование не соблюдено, то результаты измерений считают недостоверными.

Работы по калибровке акустического калибратора, проверке соответствия измерительной системы требованиям к средствам измерений класса 1 по IEC 61672-1, электронных фильтров — классу 1 по IEC 61260-1, образцового источника шума — ISO 6926 выполняют периодически в специализированной лаборатории.

Рекомендуемый минимальный интервал между калибровками для акустических калибраторов составляет 1 год, для образцовых источников шума — 2 года, для средств измерений класса 1 по IEC 61672-1 — 2 года, для фильтров класса 1 по IEC 61260-1 — 2 года.

6 Расположение, установка и работа испытуемого источника шума

6.1 Общие положения

Прежде всего необходимо определить, какие именно элементы (узлы, вспомогательные устройства, источники питания и т. п.) составляют неотъемлемую часть источника шума, уровень звуковой мощности (звуковой энергии) которого планируется измерить. Важно определить способ установки источника и режим его работы во время измерений, поскольку эти факторы способны оказать существенное влияние на результаты измерений. Максимально точное определение указанных факторов является важным условием обеспечения воспроизводимости результатов измерений.

Настоящий стандарт устанавливает общие требования в отношении того, какие элементы (составные части) испытуемого источника должны приниматься во внимание с точки зрения производимого им шума, а также требования к установке и работе источника шума во время измерений. Однако если соответствующие требования определены в испытательном коде по шуму для машин данного вида, то следует руководствоваться требованиями испытательного кода.

6.2 Вспомогательное оборудование

Следует убедиться, что вспомогательное оборудование (кабели, трубопроводы, воздуховоды и т. п.), соединенное с испытуемым источником шума, не излучает значительную звуковую энергию в испытательное пространство.

По возможности все вспомогательное оборудование, необходимое для работы источника шума во время измерений, но не составляющее его неотъемлемую часть, следует разместить за пределами испытательного пространства. Если это трудновыполнимо, то принимают меры, чтобы максимально снизить акустический шум, излучаемый в испытательное пространство этим оборудованием. При невозможности ни удалить вспомогательное оборудование, ни существенно снизить его излучение в испытательное пространство это вспомогательное оборудование рассматривают как составную часть испытуемого источника шума и с его учетом определяют размеры огибающего параллелепипеда (см. 4.1).

6.3 Расположение испытуемого источника шума

Испытуемый источник шума устанавливают в испытательном помещении в одном или нескольких положениях, соответствующих нормальным условиям его применения. Если это не противоречит другим требованиям, то испытуемый источник шума устанавливают на полу помещения. Если для нормальной работы испытуемого источника шума необходимо, чтобы он был установлен на столе или стенде, то источник устанавливают посередине стола (стенда), и источник вместе со столом (стендом) рассматривают как единое целое. Расстояние между стенами или потолком помещения и поверхностью огибающего параллелепипеда должно быть не менее 1 м. Грани огибающего параллелепипеда не должны быть параллельны стенам помещения. При установке источника следует учитывать его расположение относительно микрофонов (см. 7.3). Как правило, в больших испытательных помещениях испытуемый источник шума устанавливают посередине помещения так, чтобы точки установки микрофонов располагались со всех его сторон. В испытательных помещениях малых размеров источник может быть размещен ближе к одной из стен помещения, что позволит создать у противоположной условия реверберационного поля, в котором будут проведены измерения.

Проводят предварительное обследование работающего источника шума, в ходе которого на слух определяют, имеет ли его излучение выраженную направленность. Если направленность излучения существует, то источник устанавливают таким образом, чтобы звуковая волна в направлении максимального излучения претерпевала по крайней мере одно отражение от внутренних поверхностей помещения, прежде чем достигнуть с минимальными потерями каждой из точек измерений (установки микрофона).

В ходе предварительного обследования выявляют также наличие или отсутствие в излучаемом источником шуме значительных тональных или узкополосных составляющих. Если такие составляющие обнаружены, то проводят предварительные измерения (см. 7.4) с целью определить необходимость установки испытуемого источника шума в двух разных местах внутри испытательного помещения или даже повторения испытания в другом помещении, также удовлетворяющем требованиям настоящего стандарта.

6.4 Условия установки

Во многих случаях условия установки источника шума на опорную поверхность существенно влияют на излучаемую звуковую мощность (звуковую энергию). Если существуют типовые способы монтажа испытуемого источника в условиях его применения, то их же по возможности следует использовать при измерениях.

При выборе способа установки испытуемого источника следует руководствоваться рекомендациями изготовителя, если иное не установлено испытательным кодом по шуму для машин данного вида. Если типовых способов установки не существует или они не могут быть использованы в испытаниях, а также при наличии нескольких допустимых способов следует убедиться, что выбранный способ установки не приводит к изменениям излучаемого шума, нетипичным для данного источника. Следует выбирать такие способы, при которых вклад излучения опорной конструкции источника шума в общий шум минимален.

Часто источники шума малых размеров с незначительным излучением в низкочастотной области могут при неподходящем выборе способа крепления передавать значительную низкочастотную вибрацию в опорную конструкцию, обладающую хорошей излучательной способностью в области низких частот. В этом случае рекомендуется использовать виброизолирующие прокладки между испыту-

емым источником шума и опорной конструкцией. При этом опорная конструкция должна быть жесткой (т. е. иметь значительный входной механический импеданс), чтобы предотвратить возбуждение в ней чрезмерных колебаний с последующим излучением звука. Виброизолирующие прокладки используют, только если это предусмотрено типичными условиями применения источника шума.

На шумовое излучение испытуемого источника могут также оказывать влияние условия сопряжения механизмов (например, привода и машины). Подходящим решением может быть применение гибкой муфты. Вопрос применимости гибкой муфты аналогичен рассмотренному выше в отношении виброизолирующих прокладок.

Если источник шума представляет собой машину, удерживаемую в условиях ее нормальной работы руками оператора, то при испытаниях ее также удерживает оператор или машину подвешивают таким образом, чтобы исключить передачу к ней вибрации через любые вспомогательные приспособления, не относящиеся к самому источнику. Если источник шума для своей работы требует опору, то такая опора должна быть малых размеров и рассматриваться как часть испытуемого источника шума. Источники шума, при их нормальном применении устанавливаемые в окна, прикрепляемые к стенам или потолку, закрепляют на стенах или потолке испытательного помещения.

6.5 Работа источника шума во время испытаний

На излучаемую стационарным или движущимся источником звуковую мощность или звуковую энергию могут влиять приложенная нагрузка, рабочая скорость и режим работы. По возможности источник испытывают в условиях, представительных с точки зрения максимального создаваемого шума при типичном применении и, с другой стороны, обеспечивающих воспроизводимость результатов измерений. При наличии испытательного кода по шуму руководствуются установленными в нем требованиями к условиям работы источника во время измерений, а при его отсутствии измерения проводят в одном или нескольких из следующих режимов работы:

a) в заданном режиме работы при заданной нагрузке;
b) при максимальной нагрузке, если она отличается от указанной в перечислении a);
c) на холостом ходу;
d) на максимальной рабочей скорости в заданном режиме;
e) в типовом режиме работы, когда шум источника максимален;
f) в заданном режиме работы с моделируемой нагрузкой;
g) с воспроизведением типового рабочего цикла.

Перед тем как проводить измерения уровня звуковой мощности или звуковой энергии, работа источника шума должна быть стабилизирована в заданном режиме, включая температурную стабилизацию источника питания и системы привода. Нагрузку, скорость и другие эксплуатационные характеристики в процессе испытаний либо поддерживают постоянными, либо циклически изменяют установленным образом.

Если акустическое излучение источника зависит от других факторов, таких как обрабатываемый материал или применяемый вставной инструмент, то они должны соответствовать, насколько это возможно, типичным условиям применения источника и при этом обеспечивать наименьший разброс результатов измерений. Если испытания проводят с моделированием нагрузки, то ее выбирают так, чтобы шум источника был представителен для нормальных условий его применения.

7 Измерения

7.1 Общие положения

Для определения как уровня звуковой мощности источника, излучающего стационарный шум, так и уровня звуковой энергии источника отдельных шумовых событий, проводят две серии измерений эквивалентных уровней звукового давления в испытательном помещении. Первую серию — при работающем испытуемом источнике, вторую — при работающем образцовом источнике шума. При наличии испытательного кода по шуму необходимо следовать установленным в нем процедурам, а при его отсутствии — требованиям настоящего раздела.

7.2 Установка испытуемого и образцового источников шума

Для проведения первой серии измерений устанавливают испытуемый источник шума в соответствии с 6.3.

Для проведения второй серии измерений образцовый источник шума устанавливают на полу испытательного помещения в том же месте, в котором был установлен испытуемый источник шума.

При проведении измерений с образцовым источником шума неработающий испытуемый источник оставляют в испытательном помещении, если его звукопоглощающие свойства влияют на эквивалентный уровень звукового давления, создаваемого образцовым источником.

7.3 Расположение микрофонов (точек измерений)

Число точек измерений должно быть не менее трех. При измерениях с испытуемым и образцовым источниками шума должны быть использованы одни и те же точки измерений и одни и те же ориентации микрофонов в них. Если в шуме, излучаемом испытуемым источником, присутствуют слышимые тоны, то выполняют измерения согласно 7.4.

По возможности все микрофоны устанавливают в реверберационном поле. Для этого необходимо, чтобы расстояние d_{min}, м, между источником шума и ближайшей точкой измерений было не менее $0{,}3V^{1/3}$, где V — объем испытательного помещения в кубических метрах.

Микрофоны не следует устанавливать на расстоянии менее 0,5 м от потолка или стен испытательного помещения. Расстояние между двумя микрофонами должно быть не менее $\lambda/2$, где λ — длина волны, соответствующая среднегеометрической частоте низшей октавной полосы диапазона частот измерений.

Если испытательное помещение имеет достаточно большие размеры и требования к d_{min} и минимальному расстоянию от точек измерений до стен и потолка могут быть соблюдены, то измерения проводят в пяти точках — по одной с каждой стороны от испытуемого источника шума и в одной непосредственно над ним.

Примечание — Часто более подходящим решением является не использование фиксированных точек установки микрофонов, а перемещение микрофона с постоянной скоростью по траектории сканирования. Такая траектория может представлять собой отрезок прямой линии, дуги, окружность или быть другой геометрической формы при условии, что угол между плоскостью траектории и любой из внутренних поверхностей испытательного помещения составляет не менее 10°. Сканирование одним микрофоном может быть использовано в тех случаях, когда возможно соблюдение требований к установке нескольких микрофонов в фиксированных точках измерений. Длина траектории сканирования не может быть менее 5 м.

7.4 Предварительные измерения для источников, в шуме которых присутствуют значительные тональные или узкополосные составляющие

При проведении предварительных измерений для определения числа мест установки испытуемого источника шума используют не менее шести микрофонов, устанавливаемых в фиксированных точках в соответствии с требованиями 7.3. При работающем источнике шума, установленном в первоначально выбранном положении, проводят измерения эквивалентных уровней звукового давления $L'_{pi(\mathrm{pre})}$ в каждой i-й точке измерений. По полученным результатам измерений рассчитывают выборочное стандартное отклонение s_M, дБ, по формуле

$$s_M = \left[N_{M(\mathrm{pre})} - 1\right]^{-1/2} \left\{ \sum_{i=1}^{N_{M(\mathrm{pre})}} \left[L'_{pi(\mathrm{pre})} - \overline{L'_{p(\mathrm{pre})}} \right]^2 \right\}^{1/2}, \tag{7}$$

где $N_{M(\mathrm{pre})}$ — число первоначально выбранных точек измерений;

$L'_{pi(\mathrm{pre})}$ — полученное в результате измерения значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$$\overline{L'_{p(\mathrm{pre})}} = \frac{1}{N_{M(\mathrm{pre})}} \sum_{i=1}^{N_{M(\mathrm{pre})}} L'_{pi(\mathrm{pre})}. \tag{8}$$

В зависимости от полученного значения s_M в каждой октавной полосе частот по таблице 2 определяют число N_S мест установки испытуемого источника шума при измерениях уровней звуковой мощности или звуковой энергии.

Таблица 2 — Требуемое число мест установки испытуемого источника шума

Стандартное отклонение s_M, дБ	Число мест установки источника шума N_S
$s_M \le 2{,}5$	Одно
$2{,}5 < s_M \le 4{,}0$	Два в одном испытательном помещении
$s_M > 4{,}0$	Два в одном испытательном помещении и еще два в другом испытательном помещении других размеров, удовлетворяющем требованиям 4.4

7.5 Измерение эквивалентных уровней звукового давления источников постоянного шума

В каждой *i*-й точке измерений (установки микрофона) или для каждой *i*-й траектории сканирования в каждой октавной полосе диапазона частот измерений определяют эквивалентные уровни звукового давления при работающем испытуемом источнике шума $L'_{pi(ST)}$ и при работающем образцовом источнике шума $L'_{pi(RSS)}$. Продолжительность измерений для образцового источника шума составляет 30 с. Если шум испытуемого источника является таким же постоянным, как у образцового источника шума, то продолжительность измерений при определении $L'_{pi(ST)}$ может быть выбрана такой же. В противном случае, в том числе, когда шум источника подвержен циклическим изменениям, продолжительность измерений при определении $L'_{pi(ST)}$ должна быть большей.

Кроме того, непосредственно до или сразу после измерений эквивалентных уровней звукового давления испытуемого источника шума в каждой точке измерений (для каждой траектории сканирования) и в каждой октавной полосе диапазона частот измерений при той же продолжительности измерений, что использована при определении $L'_{pi(ST)}$, проводят измерения эквивалентного уровня звукового давления фонового шума $L'_{pi(B)}$.

7.6 Измерение уровней экспозиции отдельного шумового события для источников импульсного шума

В каждой точке измерений (установки микрофона) *i*, $i = 1, 2, \ldots, n$, в каждой октавной полосе диапазона частот измерений определяют уровни экспозиции отдельного шумового события $L'_{Ei(ST)}$ при работающем испытуемом источнике шума. Измерения проводят либо один раз на интервале времени, когда отдельное шумовое событие повторяется N_e раз, либо N_e раз для отдельных шумовых событий, $N_e \ge 5$. Продолжительность измерений должна быть достаточной, чтобы охватить все части отдельного шумового события, включая его затухание, которое может давать существенный вклад в $L'_{Ei(ST)}$. Также в каждой точке измерений в каждой октавной полосе диапазона частот измерений определяют эквивалентный уровень звукового давления образцового источника шума $L'_{pi(RSS)}$ при продолжительности измерений 30 с. Сканирование микрофоном при таких измерениях не применяют.

Кроме того, непосредственно до или сразу после измерений уровней экспозиции отдельного шумового события испытуемого источника шума в каждой точке измерений и в каждой октавной полосе диапазона частот измерений при той же продолжительности измерений определяют значения эквивалентного уровня звукового давления фонового шума $L'_{pi(B)}$.

8 Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии

8.1 Определение уровня звуковой мощности

8.1.1 Расчет эквивалентных уровней звукового давления для нескольких положений испытуемого источника шума

Если при испытаниях используют более одного места установки испытуемого источника шума (см. 7.4), то рассчитывают средний по местам установки эквивалентный уровень звукового давления $L'_{pi(ST)}$, дБ, создаваемый испытуемым источником шума в каждой октавной полосе и в каждой *i*-й точке измерений (или вдоль траектории сканирования) по формуле

$$L'_{pi(ST)} = 10\lg\left\{\frac{1}{N_S}\sum_{j=1}^{N_S} 10^{0{,}1\left[L'_{pi(ST)}\right]_j}\right\}, \quad (9)$$

где $[L'_{pi(ST)}]_j$ — полученное в результате измерения значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике шума, установленном в j-м положении, дБ;

N_S — число мест установки испытуемого источника шума.

8.1.2 Расчет средних по испытательному помещению значений эквивалентного уровня звукового давления

Средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот для испытуемого источника шума, работающего в заданном режиме, $\overline{L'_{p(ST)}}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\overline{L'_{p(ST)}} = 10\lg\left[\frac{1}{N_M}\sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1L'_{pi(ST)}}\right], \quad (10)$$

где $L'_{pi(ST)}$ — полученное в результате измерений среднее значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

Средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот для образцового источника шума $\overline{L'_{p(RSS)}}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\overline{L'_{p(RSS)}} = 10\lg\left[\frac{1}{N_M}\sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1L'_{pi(RSS)}}\right], \quad (11)$$

где $L'_{pi(RSS)}$ — полученное в результате измерения значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем образцовом источнике шума, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

Средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот для фонового шума $\overline{L_{p(B)}}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\overline{L_{p(B)}} = 10\lg\left[\frac{1}{N_M}\sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1L_{pi(B)}}\right], \quad (12)$$

где $L_{pi(B)}$ — полученное в результате измерения значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) для фонового шума, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

Примечание — Ели сканирование выполняют вдоль единственной траектории, то значения $\overline{L'_{p(ST)}}$, $\overline{L'_{p(RSS)}}$ и $\overline{L_{p(B)}}$ получают непосредственно в результате измерений по данной траектории.

8.1.3 Коррекция на фоновый шум

Коррекцию на фоновый шум K_1, дБ, в каждой октавной полосе рассчитывают по формуле

$$K_1 = -10\lg(1 - 10^{-0,1\Delta L_p}), \quad (13)$$

где $\Delta L_p = \overline{L'_{p(ST)}} - \overline{L_{p(B)}}$;

$\overline{L'_{p(ST)}}$ — полученное в результате измерений среднее по точкам измерений (траекториям сканирования) значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$\overline{L_{p(B)}}$ — полученное в результате измерений среднее по точкам измерений (траекториям сканирования) значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот фонового шума, дБ.

Если $\Delta L_p \geq 15$ дБ, то K_1 полагают равным нулю и поправку на фоновый шум не вносят. Коррекцию K_1, рассчитанную по формуле (13), используют, если 6 дБ $\leq \Delta L_p < 15$ дБ.

Если в одной или нескольких октавных полосах частот $\Delta L_p < 6$ дБ, это приводит к снижению точности измерений. Максимальное значение коррекции K_1, которое может быть применено, равно 1,3 дБ (соответствует $\Delta L_p = 6$ дБ). Однако и в случае, когда $\Delta L_p < 6$ дБ, результат измерений может быть полезен и включен в протокол испытаний, но с обязательным указанием, что полученное значение уровня звуковой мощности испытуемого источника шума представляет собой оценку сверху. В этих случаях в тексте протокола испытаний, в табличном или графическом представлении результатов измерений указывают, что требования к фоновому шуму, предъявляемые настоящим стандартом, не соблюдены.

Примечание — См. 4.5, где определены требования к фоновому шуму, соблюдение которых обязательно для проведения испытаний в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

8.1.4 Расчет уровня звуковой мощности

Уровень звуковой мощности L_W, дБ, испытуемого источника шума в октавной полосе частот рассчитывают по формуле

$$L_W = L_{W(RSS)} + \left(\overline{L'_{p(ST)}} - \overline{L'_{p(RSS)}}\right) - \left(K_1 - K_{1(RSS)}\right), \quad (14)$$

где $L_{W(RSS)}$ — уровень звуковой мощности в октавной полосе частот для образцового источника шума, дБ;

K_1 — коррекция на фоновый шум, дБ;

$K_{1(RSS)}$ — коррекция на фоновый шум для образцового источника шума, получаемая по формуле (13) с заменой $\overline{L'_{p(ST)}}$ на $\overline{L'_{p(RSS)}}$, дБ.

Пониженное атмосферное давление приводит к смещению оценки уровня звуковой мощности. Если измерения проводят на высоте свыше 500 м над уровнем моря, то в соответствии с приложением А может быть рассчитан уровень звуковой мощности $L_{W\,ref,atm}$, приведенный к нормальным атмосферным условиям статического давления 101,325 кПа и температуры воздуха 23,0 °С.

8.2 Определение уровня звуковой энергии

8.2.1 Расчет уровней экспозиции отдельного шумового события для нескольких положений испытуемого источника шума

Если уровни экспозиции отдельного шумового события измеряют N_e раз для каждого события в i-й точке установки микрофона (для i-й траектории сканирования), то средний уровень экспозиции отдельного шумового события $[L'_{Ei(ST)}]_j$, дБ, создаваемого испытуемым источником шума в каждой октавной полосе для j-го положения испытуемого источника шума, рассчитывают по формуле

$$\left[L'_{Ei(ST)}\right]_j = 10\lg\left[\frac{1}{N_e}\sum_{q=1}^{N_e} 10^{0{,}1\left[L_{Ei,q(ST)}\right]_j}\right], \quad (15)$$

где $[L'_{Ei,q(ST)}]_j$ — полученное в результате измерения значение уровня экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот в i-й точке установки микрофона для j-го положения испытуемого источника шума для q-го шумового события, $q = 1, 2, \ldots, N_e$, при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

N_e — число измерений отдельных шумовых событий.

Если же уровень экспозиции отдельного шумового события был измерен в i-й точке установки микрофона (для i-й траектории сканирования) один раз для последовательности, включающей N_e событий, то средний уровень экспозиции отдельного шумового события $[L'_{Ei(ST)}]_j$, дБ, создаваемого испытуемым источником шума в каждой октавной полосе для j-го положения испытуемого источника шума, рассчитывают по формуле

$$\left[L'_{Ei(ST)}\right]_j = \left[L'_{Ei,N_e(ST)}\right]_j - 10\lg N_e, \tag{16}$$

где $[L'_{Ei,N_e(ST)}]_j$ — полученное в результате измерения значение уровня экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот в i-й точке установки микрофона для j-го положения испытуемого источника для последовательности шумовых событий при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

N_e — число шумовых событий в последовательности.

Если при испытаниях используют более одного места установки испытуемого источника шума (см. 7.4), то рассчитывают среднее по местам установки значение уровня экспозиции отдельного шумового события $L'_{Ei(ST)}$, дБ, создаваемого испытуемым источником шума в каждой октавной полосе и в каждой i-й точке измерений (или для i-й траектории сканирования), по формуле

$$L'_{Ei(ST)} = 10\lg\left\{\frac{1}{N_S}\sum_{j=1}^{N_S} 10^{0{,}1\left[L'_{Ei(ST)}\right]_j}\right\}, \tag{17}$$

где $[L'_{Ei(ST)}]_j$ — полученное в результате измерений среднее значение уровня экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике шума, установленном в j-м положении, дБ;

N_S — число мест установки испытуемого источника шума.

8.2.2 Расчет средних по испытательному помещению уровней экспозиции отдельного шумового события

Средний по точкам измерений уровень звуковой экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот для испытуемого источника шума, работающего в заданном режиме, $\overline{L'_{E(ST)}}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\overline{L'_{E(ST)}} = 10\lg\left[\frac{1}{N_M}\sum_{i=1}^{N_M} 10^{0{,}1L'_{Ei(ST)}}\right], \tag{18}$$

где $L'_{Ei(ST)}$ — полученное в результате измерений среднее значение эквивалентного уровня экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

Средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот для образцового источника шума $\overline{L'_{p(RSS)}}$, дБ, вычисляют по формуле (11).

8.2.3 Коррекция на фоновый шум

Коррекцию на фоновый шум K_1, дБ, в каждой октавной полосе рассчитывают по формуле

$$K_{1i} = -10\lg(1 - 10^{-0{,}1\Delta L_E}), \tag{19}$$

где $\Delta L_E = \overline{L'_{E(ST)}} - \overline{L_{p(B)}}$;

$\overline{L'_{E(ST)}}$ — полученное в результате измерений среднее по точкам измерений (траекториям сканирования) значение уровня экспозиции отдельного шумового события в октавной полосе частот при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$\overline{L_{p(B)}}$ — полученное в результате измерений среднее по точкам измерений (траекториям сканирования) значение эквивалентного уровня звукового давления в октавной полосе частот фонового шума, дБ.

При измерениях $L'_{Ei(ST)}$ и $L'_{pi(B)}$ продолжительность измерений $T = t_2 - t_1$ и другие параметры измерений должны быть одинаковыми.

8.2.4 Расчет уровня звуковой энергии

Уровень звуковой энергии L_J, дБ, испытуемого источника шума в октавной полосе частот рассчитывают по формуле

$$L_J = L_{W(RSS)} + \left(\overline{L'_{E(ST)}} - \overline{L'_{p(RSS)}}\right) - (K_1 - K_{1(RSS)}). \quad (20)$$

Пониженное атмосферное давление приводит к смещению оценки уровня звуковой энергии. Если измерения проводят на высоте свыше 500 м над уровнем моря, то в соответствии с приложением А может быть рассчитан уровень звуковой энергии $L_{J\,ref,atm}$, приведенный к нормальным атмосферным условиям статического давления 101,325 кПа и температуры воздуха 23,0 °С.

8.3 Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии с коррекцией по частотной характеристике А

Корректированные по А уровни звуковой мощности и звуковой энергии испытуемого источника шума могут быть рассчитаны по результатам измерений в октавных полосах частот методом, описанным в приложении В.

9 Неопределенность измерения

9.1 Методология

Стандартные неопределенности для уровня звуковой мощности $u(L_W)$, дБ, и уровня звуковой энергии $u(L_J)$, дБ, определяют в соответствии с настоящим стандартом как стандартное отклонение:

$$u(L_W) = u(L_J) = \sigma_{tot}. \quad (21)$$

Стандартное отклонение σ_{tot} рассчитывают на основании модели измерений в соответствии с ISO/IEC Guide 98-3. При отсутствии необходимых сведений, позволяющих сформулировать такую модель, прибегают к результатам измерений, выполненных в условиях воспроизводимости.

Тогда стандартное отклонение σ_{tot} определяют через стандартное отклонение воспроизводимости σ_{R0} и стандартное отклонение σ_{omc}, характеризующее нестабильность условий работы и установки испытуемого источника шума:

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{R0}^2 + \sigma_{omc}^2}. \quad (22)$$

Из формулы (22) видно, что прежде чем выбрать метод измерений заданного класса точности (характеризуемого σ_{R0}) для данного семейства машин, необходимо учесть возможный разброс результатов, обусловленный изменениями условий работы и установки этих машин (см. 9.5 и С.3).

Примечание — Результаты измерений, выполненные разными методами, установленными стандартами серии ISO 3740, могут быть смещены друг относительно друга.

Расширенную неопределенность U определяют через стандартное отклонение σ_{tot} по формуле

$$U = k\sigma_{tot}, \quad (23)$$

где k — коэффициент охвата. В предположении, что результат измерений может быть описан нормально распределенной случайной величиной, коэффициент охвата k принимают равным двум, что приблизительно соответствует вероятности охвата 95 %. Это означает, что интервалу охвата от $[L_W - U]$ до $[L_W + U]$ для уровня звуковой мощности или от $[L_J - U]$ до $[L_J + U]$ для уровня звуковой энергии будет соответствовать 95 % площади под кривой плотности распределения случайной величины.

Если полученное в результате измерений значение уровня звуковой мощности (звуковой энергии) предполагается сопоставить с неким предельным значением, то иногда более уместным может быть рассмотрение одностороннего интервала охвата для указанной случайной величины. Тогда при том же уровне доверия 95 % значение коэффициента охвата будет равно $k = 1{,}6$.

9.2 Определение σ_{omc}

Стандартное отклонение σ_{omc} [см. формулу (С.1)], характеризующее неопределенность, связанную с нестабильностью воспроизведения условий работы и установки источника шума, может давать существенный вклад в неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии). Для получения оценки σ_{omc} можно провести отдельную серию повторных измерений для одного и того же источника шума в одном и том же месте установки одним и тем же испытателем, используя при этом одну и ту же измерительную систему и одну и ту же точку (или точки) измерений. Повторные измерения проводят в отношении $L'_{p\,i(ST)}$ в точке измерений, где значение этой величины максимально, или в отношении $\overline{L'_{p(ST)}}$. К полученным результатам применяют коррекцию на фоновый шум. Перед каждым повторным измерением испытуемый источник шума устанавливают заново и заново устанавливают необходимый режим работы. Если испытания проводят для единственного экземпляра источника шума, то полученное по повторным измерениям выборочное стандартное отклонение обозначают σ'_{omc}. В соответствующем испытательном коде по шуму может быть приведена оценка σ_{omc} для соответствующего семейства машин. Можно ожидать, что такая оценка была получена с учетом всех возможных источников вариативности в установке и условиях работы, на которые распространяется данный испытательный код.

Примечание — Если звуковая мощность мало изменяется в процессе повторных измерений, а сами измерения проведены правильно, то величине σ_{omc} можно приписать значение 0,5 дБ. В других случаях, например, когда на звук, производимый испытуемым источником шума, существенное влияние оказывает потребляемый или производимый материал, а также при непредсказуемых изменениях в потреблении или производстве этого материала, подходящей оценкой σ_{omc} можно считать 2 дБ. Но в особых случаях очень сильной зависимости шума от свойств обрабатываемого материала (когда испытуемым источником шума являются такие машины, как камнедробилки, металлорежущие станки или прессы, работающие под нагрузкой) эта величина может достигать 4 дБ.

9.3 Определение σ_{R0}

9.3.1 Общие положения

Стандартное отклонение σ_{R0} характеризует все источники неопределенности, которые могут оказать влияние на результат измерений, проводимых в соответствии с настоящим стандартом (различия в характеристиках излучения источников шума, в применяемых средствах измерений, в применении метода измерений), за исключением нестабильности звуковой мощности источника шума (последний фактор характеризуется значением σ_{omc}).

Обобщение накопленного к данному времени опыта испытаний позволило установить оценки σ_{R0}, которые приведены в таблице 3. Эти оценки можно рассматривать как оценки сверху для большинства машин и оборудования, на которое распространяется настоящий стандарт. Для машин конкретного вида могут быть получены свои оценки путем проведения межлабораторного эксперимента (см. 9.3.2) или путем использования математического моделирования (см. 9.3.3). Такие оценки приводят в испытательных кодах по шуму для машин конкретных видов (см. 9.2 и приложение С).

9.3.2 Межлабораторный эксперимент

Межлабораторный эксперимент для определения σ_{R0} проводят в соответствии с ISO 5725, когда уровни звуковой мощности источника шума определяют в условиях воспроизводимости, т. е. с участием разных специалистов, проводящих измерения в разных положениях источника шума разными средствами измерений. Такой эксперимент позволяет получить оценку σ'_{tot} стандартного отклонения для источника шума, рассылаемого лабораториям — участникам эксперимента. Предполагается, что в таком

эксперименте будет обеспечена вариативность всех существенных факторов, которые могут оказать влияние на результат измерений звуковой мощности данного источника шума.

Полученная в результате межлабораторного эксперимента оценка σ'_{tot}, дБ, включает в себя оценку σ'_{omc}, дБ, что позволяет получить оценку σ'_{R0} по формуле

$$\sigma'_{R0} = \sqrt{\sigma'^{2}_{tot} - \sigma'^{2}_{omc}}. \quad (24)$$

Если оценки σ'_{R0}, полученные в результате измерений для разных экземпляров источника шума данного вида, незначительно отличаются между собой, то их среднее можно рассматривать как оценку σ_{R0} для всех источников шума данного вида в измерениях, проводимых в соответствии с настоящим стандартом. Такую оценку (вместе с оценкой σ_{omc}) следует по возможности указывать в испытательном коде по шуму и использовать в процедуре декларирования шумовой характеристики машин.

Если межлабораторный эксперимент проведен не был, то для реалистической оценки σ_{R0} используют накопленные знания об измерениях шума машин данного вида.

Иногда затраты на проведение межлабораторного эксперимента можно сократить, убрав требование проведения измерений в разных положениях источника шума. Это можно сделать, например, если источник шума обычно устанавливают в условиях, когда коррекция на фоновый шум K_1 невелика, или если целью испытаний является подтверждение шумовой характеристики машины при ее работе в заданном положении. Оценку, полученную в таких условиях ограниченной вариативности, обозначают $\sigma_{R0,DL}$, и она может быть использована также в испытаниях крупногабаритных, стационарно устанавливаемых машин. Следует ожидать, что полученные значения $\sigma_{R0,DL}$ будут ниже приведенных в таблице 3.

Оценки σ_{R0}, полученные по формуле (24), будут обладать низкой достоверностью, если σ_{tot} лишь незначительно превышает σ_{omc}. Оценки σ_{R0} будут достаточно надежными только в том случае, если σ_{omc} не превышает $\sigma_{tot} / \sqrt{2}$.

9.3.3 Расчет σ_{R0} на основе математической модели

Обычно σ_{R0} зависит от нескольких факторов, дающих вклады $c_i u_i$ (i = 1, 2, … ,n) в общую неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии). Такими факторами, в частности, являются применяемые средства измерений, коррекция на условия окружающей среды и местоположения микрофонов. Если предположить, что данные факторы влияют на общую неопределенность независимо друг от друга, то оценку σ_{R0} можно представить в виде (см. ISO/IEC Guide 98-3)

$$\sigma_{R0} \approx \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + \ldots + (c_n u_n)^2}. \quad (25)$$

В формулу (25) не входят неопределенности, связанные с нестабильностью излучения источника (поскольку они учтены в σ_{omc}). Источники неопределенности, дающие вклад в общую неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии), рассматриваются в приложении С.

Примечание — Если источники неопределенности, входящие в модель измерений, коррелированы, то формулу (25) применять нельзя. Кроме того, расчет на основе математической модели требует дополнительной информации, чтобы определить вклады $c_i u_i$ всех составляющих в формуле (25).

В противоположность этому оценки σ_{R0}, получаемые в результате межлабораторных экспериментов, не требуют каких-либо дополнительных предположений о возможной корреляции источников неопределенности, входящих в формулу (25). Оценки межлабораторных экспериментов в общем случае являются более устойчивыми, чем полученные на основе математических моделей. Однако проведение межлабораторных экспериментов не всегда осуществимо с практической точки зрения, и зачастую их приходится заменять обобщением опыта прошлых измерений.

9.4 Типичные оценки σ_{R0}

В таблице 3 приведены типичные оценки сверху стандартного отклонения σ_{R0} для технических методов измерения шума, которые могут применяться для большинства измерений, проводимых в соответствии с настоящим стандартом (см. [21], [22]). В особых случаях, а также когда требования настоящего стандарта не могут быть в полном объеме соблюдены для машин определенного вида или когда ожидается, что для машин данного вида σ_{R0} должно быть меньше значений, приведенных в таблице 3, для уточнения оценки σ_{R0} рекомендуется проведение межлабораторного эксперимента.

Таблица 3 — Типичные оценки сверху σ_{R0} для измерений уровней звуковой мощности (звуковой энергии), проводимых в соответствии с настоящим стандартом

Полоса частот измерений	Среднегеометрическая частота, Гц	Стандартное отклонение воспроизводимости σ_{R0}, дБ
Октавная полоса частот	125	3,0
	250	2,0
	От 400 до 5000	1,5
	8000	2,5
Широкая полоса частот с коррекцией по частотной характеристике А (см. приложение В)		1,5[a]
[a] Применительно к источникам, излучающим шум со сравнительно плоским спектром в диапазоне октавных полос со среднегеометрическими частотами от 125 до 8000 Гц.		

9.5 Стандартное отклонение σ_{tot} и расширенная неопределенность *U*

Стандартное отклонение σ_{tot} и расширенную неопределенность *U* рассчитывают по формулам (22) и (23) соответственно.

Пример — В результате измерений техническим методом (класс точности 2) получено L_{WA} = 82 дБ при σ_{omc} = 2,0 дБ. Межлабораторный эксперимент с целью определения σ_{R0} для машин данного вида не проводился, поэтому использовано значение σ_{R0} из таблицы 3 (σ_{R0} = 1,5 дБ). По формулам (22) и (23) с использованием k = 2 получаем $U = 2\sqrt{1{,}5^2 + 2^2} = 5$ ***(дБ).***

Дополнительные примеры расчета σ_{tot} приведены в С.3.

Примечание — Расширенная неопределенность, определяемая по формуле (23), не включает в себя стандартное отклонение производства, использованное в [8] в целях определения и декларирования шумовой характеристики для партии машин.

10 Регистрируемая информация

10.1 Общие положения

Для всех измерений, выполненных в соответствии с настоящим стандартом, должна быть получена и зарегистрирована информация, указанная в 10.2—10.5.

10.2 Испытуемый источник шума

Приводят следующие данные об испытуемом источнике шума:

a) общие данные (изготовитель, наименование и вид, тип, технические данные, габаритные размеры, порядковый номер по системе нумерации изготовителя, год выпуска);

b) вспомогательное оборудование и способ его использования при испытаниях;

c) режимы работы при испытаниях и продолжительность измерений в каждом режиме;

d) условия установки испытуемого источника шума;

e) расположение (расположения) испытуемого источника шума в испытательном помещении;

f) расположение (расположения) образцового источника шума в испытательном помещении.

10.3 Испытательное помещение

Приводят следующие данные:

a) описание испытательного помещения, в том числе тип здания; конструкция и покрытие стен, пола и потолка; схема с указанием расположения испытуемого источника шума и других предметов в помещении;

b) результаты проверки пригодности испытательного пространства, выполненной в соответствии с 4.4, в том числе разность в значениях эквивалентного уровня звукового давления при использовании источника узконаправленного излучения;

c) атмосферные условия, включая температуру воздуха в градусах Цельсия и статическое атмосферное давление в килопаскалях вблизи источника шума во время испытаний.

10.4 Средства измерений

Приводят следующие данные о средствах измерений:

a) данные об измерительной аппаратуре (изготовитель, наименование, тип, порядковый номер по системе нумерации изготовителя);

b) дату и место калибровки (поверки), методы калибровки акустического калибратора и образцового источника шума, результаты проверки калибровки до и после проведения измерений в соответствии с 5.2;

c) эквивалентные уровни звукового давления, создаваемого образцовым источником шума при его положениях, используемых в процессе испытаний.

10.5 Метод и результаты измерений

Приводят следующие данные:

a) размеры огибающего параллелепипеда;

b) расположение точек измерений (установки микрофонов) или траекторий сканирования микрофоном с указанием способа перемещения микрофона (с приложением, при необходимости, схем);

c) места установки образцового источника шума.

Указывают следующие сведения для каждого режима работы испытуемого источника шума в условиях измерений:

d) результаты предварительного обследования испытуемого источника шума и полученные субъективные оценки степени направленности излучения, наличия дискретных тонов или узкополосных шумов, временных характеристик и т. п.;

e) все результаты измерений эквивалентных уровней звукового давления (уровней экспозиции отдельного шумового события) в каждой октавной полосе частот в каждой точке измерений (траектории сканирования) для испытуемого источника шума;

f) все результаты измерений эквивалентных уровней звукового давления фонового шума в каждой октавной полосе частот в каждой точке измерений (траектории сканирования) для испытуемого источника шума;

g) уровни звуковой мощности или звуковой энергии, в децибелах, в октавных полосах частот и, если определялись, корректированные по A, округленные с точностью до 0,1 дБ. Дополнительно возможно представление данных характеристик в графическом виде.

Примечание — Согласно [13] заявляемые значения корректированного по A уровня звуковой мощности L_{WAd} компьютеров и офисной техники выражают в белах (1 Б = 10 дБ);

h) расширенную неопределенность, использованное значение коэффициента охвата и соответствующую вероятность охвата;

i) дату и время проведения измерений.

11 Протокол испытаний

Указывают зарегистрированную в соответствии с разделом 10 информацию, необходимость приведения которой в протоколе испытаний вытекает из целей измерений. В протокол включают также все положения, необходимость которых указана в разделах настоящего стандарта. Если значения уровней звуковой мощности или звуковой энергии были получены в полном соответствии с требованиями настоящего стандарта, то соответствующая запись должна быть сделана в протоколе испытаний. Если при проверке соблюдения условий настоящего стандарта одна или несколько проверяемых акустических характеристик выходит за установленные предельные значения, то в протокол вносят запись о том, что измерения были проведены в соответствии с требованиями настоящего стандарта за рядом исключений, и указывают эти исключения. При этом в протоколе не допускается прямо или неявно указывать на то, что испытания проведены в полном соответствии с настоящим стандартом.

Приложение А
(обязательное)

Приведение уровней звуковой мощности и звуковой энергии к нормальным атмосферным условиям

Уровень звуковой мощности, приведенный к нормальным атмосферным условиям статического давления 101,325 кПа и температуры воздуха 23,0 °С, $L_{W\text{ref,atm}}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$L_{W\text{ref,atm}} = L_W + C_2, \tag{A.1}$$

где L_W — уровень звуковой мощности, полученный в условиях испытаний [см. формулу (14)], дБ;

C_2 — поправка на импеданс излучения, используемая для приведения к нормальным атмосферным условиям, дБ. Эта величина должна быть определена в соответствующем испытательном коде по шуму. Если такой документ отсутствует, то используют следующую формулу, полученную для источника шума в виде монополя и рассматриваемую как результат усреднения для источников другого вида (см. [24], [25]):

$$C_2 = -10\lg\frac{p_s}{p_{s,0}} + 15\lg\left(\frac{273{,}15+\theta}{\theta_1}\right);$$

p_s — статическое давление в испытательном пространстве во время испытаний, кПа;

$p_{s,0}$ — нормальное атмосферное давление, $p_{s,0}$ = 101,325 кПа;

θ — температура воздуха в испытательном помещении во время испытаний, °С;

θ_1 = 296 К.

Температура воздуха во время испытаний может быть измерена, а для оценки статического давления p_s, кПа, используют формулу

$$p_s = p_{s,0}(1 - aH_a)^b, \tag{A.2}$$

где a = 2,2560 · 10^{-5} $м^{-1}$;

b = 5,2553;

H_a — высота места проведения испытаний над уровнем моря, м.

Уровень звуковой энергии, приведенный к нормальным атмосферным условиям статического давления 101,325 кПа и температуры воздуха 23,0 °С, $L_{J\text{ref,atm}}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$L_{J\text{ref,atm}} = L_J + C_2, \tag{A.3}$$

где L_J — уровень звуковой энергии, полученный в условиях испытаний [см. формулу (20)], дБ;

C_2 — то же, что в формуле (А.1).

Если значения уровней звуковой мощности или звуковой энергии приведены к нормальным атмосферным условиям, то это должно быть отражено в протоколе испытаний.

Приложение В
(обязательное)

Расчет корректированных по А уровней звуковой мощности и звуковой энергии на основе результатов измерений в полосах частот

В.1 Корректированные по А уровни звуковой мощности

Корректированный по А уровень звуковой мощности L_{WA}, дБ, вычисляют по формуле

$$L_{WA} = 10\lg \sum_{k=k_{min}}^{k_{max}} 10^{0,1(L_{Wk}+C_k)}, \quad (B.1)$$

где L_{Wk} — уровень звуковой мощности в k-й октавной полосе частот, дБ;

k — номер октавной полосы частот (см. таблицу В.1);

C_k — поправка для k-й октавной полосы частот по таблице В.1;

k_{min}, k_{max} — значения k для низшей и высшей полосы диапазона частот измерений соответственно.

В.2 Корректированные по А уровни звуковой энергии

Корректированный по А уровень звуковой энергии L_{JA}, дБ, вычисляют по формуле

$$L_{JA} = 10\lg \sum_{k=k_{min}}^{k_{max}} 10^{0,1(L_{Jk}+C_k)}, \quad (B.2)$$

где L_{Jk} — уровень звуковой энергии в k-й октавной полосе частот, дБ;

k — номер октавной полосы частот (см. таблицу В.1);

C_k — поправка для k-й октавной полосы частот по таблице В.1;

k_{min}, k_{max} — значения k для низшей и высшей полосы диапазона частот измерений соответственно.

В.3 Значения k и C_k

Для расчетов с использованием результатов измерений в октавных полосах частот используют значения k и C_k, приведенные в таблице В.1.

Таблица В.1 — Значения k и C_k, соответствующие среднегеометрическим частотам октавных полос

k	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	C_k
1	63	–26,2[a]
2	125	–16,1
3	250	–8,6
4	500	–3,2
5	1000	0,0
6	2000	1,2
7	4000	1,0
8	8000	–1,1

[a] Значения поправки C_k используют только в случае, если для данной октавной полосы частот выполнены требования к испытательному пространству и средствам измерений.

Приложение С
(рекомендуемое)

Руководство по применению информации для расчета неопределенности измерения

С.1 Общие положения

Общий формат представления неопределенности измерения установлен ISO/IEC Guide 98-3. Он предполагает составление бюджета неопределенности, в котором идентифицированы основные источники неопределенности и их вклад в суммарную стандартную неопределенность.

В отношении шума, излучаемого машинами и оборудованием, целесообразно разделить все источники неопределенности на две группы:

a) присущие самому методу измерений;

b) обусловленные нестабильностью излучаемого шума.

В настоящем приложении приведены основанные на современном уровне знаний рекомендации по применению подхода ISO/IEC Guide 98-3 к измерениям, проводимым в соответствии с настоящим стандартом.

С.2 Стандартное отклонение σ_{tot}

Характеристикой неопределенности измерения, проводимого в соответствии с настоящим стандартом, является расширенная неопределенность U, непосредственно получаемая из стандартного отклонения σ_{tot} [см. формулу (23)], которое рассматривается как аппроксимация стандартной неопределенности $u(L_W)$.

В свою очередь, σ_{tot} определяется двумя составляющими, σ_{R0} и σ_{omc} [см. формулу (22)], разными по своей природе.

Оценки σ_{R0} и σ_{omc} предполагаются статистически независимыми и определяемыми по отдельности.

Стандартное отклонение σ_{omc}, характеризующее шумоизлучение конкретной машины, не может быть рассчитано теоретически и поэтому определяется экспериментально (см. раздел С.3). Другая составляющая, σ_{R0}, рассматривается в разделе С.4.

С.3 Стандартное отклонение σ_{omc}

Стандартное отклонение σ_{omc}, дБ (см. 9.2), рассчитывают по формуле

$$\sigma_{omc} = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{j=1}^{N}\left(L_{p,j} - L_{pav}\right)^2}, \qquad (C.1)$$

где $L_{p,j}$ — значение корректированного на фоновый шум эквивалентного уровня звукового давления, полученное в результате j-го повторного измерения в заданной точке при заданных условиях установки и работы источника шума, дБ;

L_{pav} — среднее арифметическое $L_{p,j}$ по всем повторным измерениям.

Измерения для определения σ_{omc} проводят в точке установки микрофона, где эквивалентный уровень звукового давления максимален. Если используют усреднение по всем точкам измерения, то в формуле (С.1) $L_{p,j}$ и L_{pav} заменяют на $\overline{L_{p,j}}$ и $\overline{L_{pav}}$ соответственно.

В общем случае условия установки и работы машины при измерениях ее шумовой характеристики определяются испытательным кодом по шуму. При его отсутствии эти условия должны быть точно заданы до проведения испытаний и зафиксированы в протоколе испытаний. Ниже приводятся некоторые рекомендации в отношении определения таких условий и их возможного влияния на σ_{omc}.

Условия работы при испытаниях должны соответствовать нормальному применению машины согласно рекомендациям изготовителя и практике пользователя. Однако даже при заданных нормальных условиях работы машины возможны некоторые вариации в режимах работы, обрабатываемом, потребляемом или производимом материале, между различными циклами работы машины и пр. Стандартное отклонение σ_{omc} характеризует неопределенность, связанную как с изменчивостью долговременных условий работы (например, день ото дня), так и с изменением излучаемого шума после повторной установки и пуска машины.

Если машину в любых условиях ее применения устанавливают либо на податливых пружинах, либо на тяжелый бетонный пол, то условия установки будут слабо влиять на результаты измерений. Однако если при испытаниях машину устанавливают на твердый массивный пол, а в условиях применения используют другую опору, то шум, создаваемый машиной, может различаться весьма сильно. Составляющая неопределенности, обусловленная установкой машины, будет наибольшей, если машина соединена со вспомогательным оборудованием. Также эта неопределенность будет велика в случае ручных машин. Необходимо исследовать, как перемещения машины или ее крепления влияют на создаваемый машиной шум. Если необходимо заявить шумовую характеристику машины для разных способов ее установки и крепления, то σ_{omc} оценивают по результатам измерений при всех возможных

способах установки. Если влияние условий установки машины на создаваемый ею шум известно, то в испытательном коде по шуму или в методике, применяемой пользователем, должен быть определен рекомендуемый способ установки машины для измерений.

С точки зрения важности вклада тех или иных источников неопределенности в σ_{tot} исследования для определения σ_{omc} имеют больший приоритет, чем связанные с определением σ_{R0} [см. формулу (22)]. Это связано с тем, что σ_{omc} может принимать существенно бóльшие значения, чем стандартное отклонение σ_{R0}, которое для технического метода измерений, как это следует из таблицы 3, не превышает 1,5 дБ.

Если $\sigma_{omc} > \sigma_{R0}$, то проведение измерений с высокой точностью (т. е. с малым σ_{R0}) теряет практический смысл, поскольку это не способно привести к существенному снижению σ_{tot}. Примеры возможных соотношений между σ_{omc} и σ_{R0} приведены в таблице С.1.

Таблица С.1 — Примеры расчета σ_{tot} для разных соотношений между σ_{omc} и σ_{R0}

Стандартное отклонение воспроизводимости метода σ_{R0}, дБ	Стандартное отклонение σ_{tot}, дБ, для разных условий установки и работы машины, характеризующихся разными значениями σ_{omc}, дБ		
	Стабильные	Нестабильные	Очень нестабильные
	σ_{omc},дБ		
	0,5	2	4
0,5 (точный метод)	0,7	2,1	4,0
1,5 (технический метод)	1,6	2,5	4,3
3 (ориентировочный метод)	3,0	3,6	5,0

Из этих примеров видно, что при нестабильных условиях установки и работы испытуемой машины излишне прилагать усилия в попытках обеспечить условия точного метода измерений.

Кроме того, в ситуации, когда $\sigma_{omc} > \sigma_{R0}$, у пользователя стандарта возможно формирование неправильного представления об общей неопределенности измерения, если он ориентируется на класс точности измерений, который в настоящем стандарте определяется только значением σ_{R0}.

С.4 Стандартное отклонение σ_{R0}

С.4.1 Общие положения

Оценки σ_{R0} сверху приведены в таблице 3. Кроме того, в 9.3 приведены рекомендации по проведению исследований для получения более реалистичных оценок σ_{R0} для отдельных машин или семейств машин. Такие исследования включают в себя либо проведение измерений в условиях воспроизводимости согласно ISO 5725, либо расчеты на основании математической модели измерения [см. формулу (25)], требующие привлечения дополнительной информации.

Если некоторые источники неопределенности несущественны для конкретных измерительных задач или трудны для исследования, то в испытательном коде по шуму приводят значение σ_{R0}, полученное либо в результате межлабораторного эксперимента, либо рассчитанное аналитически на основе модели, которое не учитывает вариативность этих источников.

Расчет на основе бюджета неопределенности предполагает статистическую независимость отдельных источников неопределенности и, главное, наличие уравнений, используя которые можно было бы оценить вклад этих источников по результатам соответствующих измерений или на основе накопленного практического опыта. В настоящее время, однако, объема накопленной экспериментальной информации, которая могла бы быть использована в целях настоящего стандарта, недостаточно. Тем не менее, ниже приводятся данные, которые нельзя рассматривать как окончательные, но которые могут быть использованы для ориентировочной оценки вкладов отдельных составляющих неопределенности.

С.4.2 Вклад разных источников в σ_{R0}

С.4.2.1 Общие положения

Предварительные исследования показали, что измеряемый уровень звуковой мощности $L_{W\mathrm{ref,atm}}$, дБ, в который внесена поправка на атмосферные условия, может быть представлен следующей зависимостью от влияющих факторов (входных величин):

$$L_{W\mathrm{ref,atm}} = \delta_{\mathrm{method}} + \delta_{\mathrm{omc}} + L_{W(\mathrm{RSS})} - \overline{L'_{p(\mathrm{RSS})}} + \overline{L'_{p(\mathrm{ST})}} + K_{1(\mathrm{RSS})} - K_1 + C_2 + \delta_{\mathrm{slm(RSS)}} + \\ + \delta_{\mathrm{omc(RSS)}} + \delta_{\mathrm{mic(RSS)}} + \delta_{\theta(\mathrm{RSS})} + \delta_{H(\mathrm{RSS})} + \delta_{A(\mathrm{RSS})} + \delta_{\mathrm{method(RSS)}} + \delta_{\mathrm{slm}} + \delta_{\mathrm{mic}} + \delta_{\theta} + \delta_{H}, \quad (\mathrm{C.2})$$

где δ_{method} — входная величина, описывающая влияние применяемого метода измерений, дБ;

δ_{omc} — входная величина, описывающая влияние условий установки и работы машины, дБ (эта величина не включена в расчеты σ_{R0});

$L_{W(RSS)}$ — уровень звуковой мощности образцового источника шума в октавной полосе частот, дБ;

$\overline{L'_{p(RSS)}}$ — средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления для образцового источника шума в октавной полосе частот, дБ;

$\overline{L'_{p(ST)}}$ — средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот при работе испытуемого источника шума, дБ;

$K_{1(RSS)}$ — коррекция на фоновый шум для образцового источника шума, дБ;

K_1 — коррекция на фоновый шум, дБ;

C_2 — поправка на импеданс излучения, используемая для приведения к нормальным атмосферным условиям, дБ. Эта величина должна быть определена в соответствующем испытательном коде по шуму. Если такой документ отсутствует, то используют формулу, полученную для источника шума в виде монополя и рассматриваемую как результат усреднения для источников другого вида (см. [24], [25]), $C_2 = -10\lg\frac{p_s}{p_{s,0}} + 15\lg\left(\frac{273{,}15+\theta}{\theta_1}\right)$;

δ_{slm} — входная величина, описывающая влияние применяемых средств измерений, дБ;

δ_{mic} — входная величина, описывающая влияние конечного числа точек измерений и местоположений источника, дБ;

δ_{θ} — входная величина, описывающая флуктуации температуры воздуха в испытательном пространстве, дБ;

δ_H — входная величина, описывающая флуктуации относительной влажности воздуха в испытательном пространстве, дБ.

Остальные входные величины с подстрочным индексом «(RSS)» представляют собой те же величины, что и без указанного индекса, но применительно к образцовому источнику шума.

Примечание 1 — Если измеряемой величиной является уровень звуковой энергии, то для нее модель измерения будет иметь вид, аналогичный формуле (С.2).

Примечание 2 — Модель, описываемую формулой (С.2), применяют при измерениях как в полосе частот, так и с коррекцией по частотной характеристике А.

Примечание 3 — Входные величины, включенные в формулу (С.2), отражают современное представление о факторах, способных оказать влияние на результат измерения уровня звуковой мощности при испытаниях по настоящему стандарту. Дальнейшие исследования могут показать необходимость модификации этой модели.

Каждой входной величине должно быть приписано соответствующее распределение вероятностей (нормальное, прямоугольное, Стьюдента и т. п.). Лучшей оценкой входной величины будет ее математическое ожидание. Стандартное отклонение распределения входной величины характеризует разброс ее возможных значений и принимается за ее стандартную неопределенность.

Составляющая неопределенности, связанная с условиями установки и работы источника шума, уже учтена в σ_{omc}. Остальные входные величины в совокупности характеризуются стандартным отклонением σ_{R0}.

Информация об ожидаемых значениях стандартных неопределенностей входных величин u_i и соответствующих им коэффициентах чувствительности c_i, необходимых для расчета σ_{R0}, дБ, $\sigma_{R0} = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2}$, приведена в таблице С.2.

Таблица С.2 — Бюджет неопределенности для расчета σ_{R0} (для примера измерения уровня звуковой мощности источника шума с относительно плоским спектром в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 500 до 4000 Гц или с коррекцией по частотной характеристике А)

Входная величина (см. С.4.2)	Оценка входной величины[a], дБ	Стандартное отклонение[a] u_i, дБ	Вид распределения	Коэффициент чувствительности[a] c_i
δ_{method}	0	0,3	Нормальное	1
$\overline{L'_{p(ST)}}$	$\overline{L'_{p(ST)}}$	$s_{L'_{p(ST)}}\big\|_{rep}$	Нормальное	$1+\frac{1}{10^{0,1\Delta L_p}-1}$

Окончание таблицы С.2

Входная величина (см. С.4.2)	Оценка входной величины[a], дБ	Стандартное отклонение[a] u_i, дБ	Вид распределения	Коэффициент чувствительности[a] c_i
K_1	K_1	$s_{L_{p(B)}}$	Нормальное	$\frac{1}{10^{0,1\Delta L_p}-1}$
C_2	C_2	0,2	Треугольное	1
δ_{slm}	0	0,5	Нормальное	0,5
δ_{mic}	0	$\frac{u_{(L'_{pi(ST)})_j}}{\sqrt{N_M N_S}}$	Нормальное	0,5
δ_θ	0	$\Delta\theta/\sqrt{3}$	Прямоугольное	$\frac{6,5}{273+\theta}+\frac{-0,57+0,25\lg(2,6f)}{1+0,0011H+0,007\theta}$
δ_H	0	$\Delta H/\sqrt{3}$	Прямоугольное	$\frac{-2,6+1,6\lg(0,7f)}{1+0,5H}$
[a] См. С.4.2.2—С.4.2.9.				

Расчет σ_{R0} выполнен в предположении, что все входные величины некоррелированы.

Для некоторых входных величин соответствующие стандартные неопределенности должны быть получены в результате дополнительных исследований.

Пример информации, необходимой для расчета суммарной стандартной неопределенности, приведен в таблице С.2 и в С.4.2.2—С.4.2.9.

С.4.2.2 Метод измерений (δ_{method})

Неопределенность, связанная с самим применяемым методом измерений, характеризуется смещением результата измерений, обусловленным применяемым методом, и стандартной неопределенностью оценки этого смещения u_{method}. В предположении, что все необходимые поправки к полученному значению уровня звуковой мощности внесены должным образом, оставшееся смещение можно оценить только исходя из практического опыта измерений или по результатам межлабораторного эксперимента. В случае детально проработанной модели измерения, в которой учтены все основные влияющие величины и для них получены количественные оценки этого влияния, неопределенность, связанная с методом измерения, будет мала. Если же знаний о возможных влияющих величинах недостаточно, имеются трудности в оценке пределов этого влияния или проводить такую оценку нецелесообразно из практических соображений, то данная составляющая неопределенности может стать доминирующей в оценке σ_{R0}. Примером может служить применение метода измерений недостаточно квалифицированным или неопытным пользователем.

В предположении, что анализ модели измерения был выполнен правильно и в полном объеме, для частот выше 100 Гц в качестве ориентировочной оценки можно принять u_{method} = 0,3 дБ. На частотах ниже 100 Гц точность метода снижается из-за уменьшения возможностей эффективного размещения микрофонов и уменьшения числа мод акустических колебаний, что затрудняет создание условий реверберационного поля. На таких частотах u_{method} возрастает до 3 дБ.

Смещение, обусловленное методом измерения, непосредственно входит в качестве слагаемого в оценку измеряемой величины, поэтому коэффициент чувствительности c_{method} = 1. В данном примере измерения корректированного по А уровня звуковой мощности типичной оценкой вклада $c_{method}\,u_{method}$ данного источника в суммарную стандартную неопределенность будет 0,3 дБ.

С.4.2.3 Изменения звукового поля во время испытаний ($\overline{L'_{p(ST)}}$)

Неопределенность, связанная с изменчивостью звукового поля, создаваемого испытуемым источником шума, характеризуется разбросом результатов последовательных измерений. Соответственно, стандартная неопределенность $u_{L'_{p(ST)}}$, дБ, может быть выражена через выборочное стандартное отклонение $s_{L'_{p(ST)}}\big|_{rep}$ результатов измерений $L'_{p(ST)}$ [см. формулу (10)], число которых в данном примере принято равным шести.

Повторные измерения выполнены в условиях повторяемости, т. е. за короткий промежуток времени в одном месте с использованием одного и того же метода измерений, включая средства измерений, одним и тем же испытателем. При каждом повторном испытании включение и настройку средств измерений выполняют заново.

Коэффициент чувствительности $c_{L'_{p(ST)}}$ представляет собой производную функции измерения L_W по $\overline{L'_{p(ST)}}$ и зависит от уровня фонового шума. Вычисление производной дает

$$c_{\overline{L'_{p(ST)}}} = 1 + \frac{1}{10^{0,1\Delta L_p} - 1}.$$

Это выражение может быть упрощено до

$$c_{L'_{p(ST)}} = 1 + c(K_1).$$

Для наихудшего случая, когда уровень шума совпадает с предельно допустимым значением (см. С.4.2.4), значение коэффициента чувствительности $c_{L'_{p(ST)}} = 1,3$. Повторяемость результатов измерений сильно зависит от выбранной продолжительности измерений T. Если продолжительность измерений не позволит охватить достаточное число циклов работы машины, то суммарная стандартная неопределенность может стать недопустимо большой для технического метода измерений. Увеличение продолжительности измерений способно привести к значительному уменьшению вклада данного источника неопределенности. Снижение фонового шума позволяет уменьшить значение $c_{L'_{p(ST)}}$, а с учетом того, что при этом уменьшается и разброс результатов измерений $L'_{p(ST)}$, вклад данного источника неопределенности может быть уменьшен вдвое. В рассматриваемом примере вклад $c_{L'_{p(ST)}} u_{L'_{p(ST)}}$ в суммарную стандартную неопределенность предполагается равным 0,4 дБ. Эту же оценку можно использовать при рассмотрении изменчивости поля, создаваемого образцовым источником шума (входная величина ($\overline{L'_{p(RSS)}}$).

С.4.2.4 Коррекция на фоновый шум (K_1)

Стандартная неопределенность u_{K_1}, дБ, связанная с коррекцией на фоновый шум K_1, может быть выражена через выборочное стандартное отклонение $s_{L_{p(B)}}$ по серии повторных измерений фонового шума в одной точке измерений.

Коэффициент чувствительности c_{K_1} получают, беря производную функции измерения $L_{W\text{ref,atm}}$ по $\overline{L_{p(B)}}$ с подстановкой в формулу (С.1) значения K_1 по формуле (13). Знак коэффициента чувствительности значения не имеет, поэтому данную величину можно представить в виде

$$\left|c_{K_1}\right| = \frac{1}{10^{0,1\Delta L_p} - 1}.$$

При $\Delta L_p \le 10$ дБ выражение для c_{K_1} может быть упрощено: $c_{K_1} \approx 3,6/\Delta L_p - 0,24$. В рассматриваемом примере u_{K_1} предполагается равным 3 дБ. В наихудшем случае разность $\overline{L'_{p(ST)}} - \overline{L_{p(B)}}$ будет равна 6 дБ (минимально допустимое значение в соответствии с 8.1), что даст значение коэффициента чувствительности $c_{K_1} = 0,3$ и вклад $c_{K_1} u_{K_1}$ в суммарную стандартную неопределенность, равный 1,0 дБ. В большинстве измерительных ситуаций за счет поддержания низкого уровня фонового шума данный вклад может быть уменьшен до 0,4 дБ. Уменьшение флуктуаций фонового шума уменьшает вклад данной составляющей неопределенности. Кроме того, можно ожидать, что u_{K_1} снизится примерно вдвое, если вчетверо увеличить временной интервал усреднения T. Существенного уменьшения коэффициента чувствительности можно добиться за счет уменьшения фонового шума посредством выявления его источников с последующим принятием мер по их звукоизоляции или звукопоглощению. Такие меры могут включать в себя устройство правильного заземления, изоляцию проводов, виброизоляцию, использование дополнительных масс и дополнительных поглощающих материалов и т. д. В больших помещениях уровень реверберационного поля выше вблизи источника шума, поэтому уменьшить влияние фонового шума можно, располагая микрофон ближе к испытуемому источнику шума.

С.4.2.5 Поправка на импеданс излучения (C_2)

Если для расчета уровня звуковой мощности используется поправка C_2 (см. приложение А), то связанную с ней неопределенность можно характеризовать значением $u_{C_2} = 0,1$ дБ.

Если измерения проводят на высоте менее 500 м над уровнем моря, то поправку на атмосферные условия не учитывают (т. е. принимают $C_2 = 0$ дБ). При этом на высоте 120 м при температуре воздуха 23 °С значение этой поправки равно нулю, а на высоте 500 м при той же температуре — 0,4 дБ. Приписывая распределению случайной величины, связанной с неучетом поправки, треугольное распределение, получим для него стандартное отклонение $s_{C_2} = 0,4/\sqrt{6} = 0,2$ дБ. Данное значение принято за u_{C_2}.

Коэффициент чувствительности для данного фактора, c_{C_2}, равен единице.

Принимая, что испытания проводятся на высоте менее 500 м над уровнем моря, и не внося поправку на атмосферные условия, получим, что вклад данной составляющей неопределенности равен 0,2 дБ. Этот вклад можно

уменьшить, изменив место проведения испытаний (например, проводя испытания на уровне моря при давлении 101,325 кПа и при нормальной температуре 23 °С) или учитывая поправку на атмосферные условия.

Поправка на метеорологические условия, которая должна быть использована при применении образцового источника шума, учитывается в соответствии с указанием изготовителя. Вклад соответствующего источника неопределенности $c_{C_{2(RSS)}}\,u_{C_{2(RSS)}}$ принимается равным нулю.

С.4.2.6 Инструментальная неопределенность (δ_{slm})

При измерениях звуковой мощности с использованием шумомеров класса 1 стандартную неопределенность u_{slm}, обусловленную применяемым средством измерений, можно принять равной приблизительно 0,5 дБ. Однако если измерения проводят методом сравнения с использованием одного и того же шумомера в течение короткого периода времени, то систематические эффекты, связанные с калибровкой, отклонением метрологических характеристик (направленности, частотной коррекции) и влияющими факторами (температура, давление, влажность), взаимно компенсируются и не оказывают влияния на результат измерений уровней звуковой мощности. Вклад данной составляющей неопределенности оказывается меньше 0,5 дБ, что можно интерпретировать как уменьшение значения коэффициента чувствительности. Полагая c_{slm} = 0,5, получаем вклад $c_{slm}u_{slm}$ = 0,3 дБ, причем это справедливо для измерений как с испытуемым, так и с образцовым источником шума.

Факторы, влияющие на инструментальную неопределенность при применении шумомеров, подробно рассматриваются в IEC 61672-1.

С.4.2.7 Неравномерность распределения эквивалентного уровня звукового давления по испытательному пространству (δ_{mic})

Стандартную неопределенность u_{mic}, связанную с конечным числом точек измерений и мест установки испытуемого источника шума, можно оценить, используя формулу

$$u_{mic} = \frac{u_{\left(L'_{pi(ST)}\right)_j}}{\sqrt{N_M N_S}} = \frac{1}{\sqrt{N_M N_S}} \sqrt{\sum_{j=1}^{N_S} \sum_{i=1}^{N_M} \frac{\left\{\left[L'_{pi(ST)}\right]_j - L'_{pm(ST)}\right\}^2}{N_M N_S - 1}},$$

где $L'_{pm(ST)}$ — среднее арифметическое значений $[L'_{pi(ST)}]_j$, дБ.

Коэффициент чувствительности для данного фактора, c_{mic}, взят равным 0,5 (обоснование то же, что и в С.4.2.6).

В данном примере предполагается, что испытуемый источник шума устанавливают в одном-единственном положении. Согласно таблице 2, в этом случае максимально допустимое значение стандартного отклонения равно 2,5 дБ. Предположив, что испытания проводят с использованием трех точек измерений, получим u_{mic} = 1,4 дБ, и вклад данной составляющей неопределенности $c_{mic}u_{mic}$ = 0,7 дБ. Для измерений с использованием образцового источника шума типичными значениями можно считать $u_{mic(RSS)}$ = 0,4 дБ и $c_{mic(RSS)}u_{mic(RSS)}$ = 0,2 дБ. Вклад данной составляющей неопределенности можно уменьшить, увеличивая время реверберации помещения, устанавливая в нем акустические рассеиватели звука, увеличивая число точек измерений и мест установки испытуемого источника шума. Дополнительная информация в отношении неопределенности данного вида содержится в [2].

С.4.2.8 Температура воздуха(δ_θ)

В рассматриваемом примере предполагается, что изменения температуры θ, °С, попадают в диапазон ±Δθ и характеризуются прямоугольным распределением в пределах этого диапазона. Тогда стандартная неопределенность u_θ будет равна стандартному отклонению данного распределения, $u_\theta = \Delta\theta/\sqrt{3}$.

Коэффициент чувствительности c_θ получают дифференцированием $L_{Wref,atm}$ по θ. Основная формула для c_θ получена из [2] с исключением слагаемого C_1. Оценки звукопоглощения в помещении взяты из [14]. Коэффициент звукопоглощения определяют через коэффициент звукопоглощения в помещении α_{room}, звукопоглощение в воздухе на единицу пути α_{dBm} и оценку Сэбина среднего пути между двумя последовательными отражениями в помещении $4V/S$ (V — объем помещения, S — площадь его внутренних поверхностей), что для помещений объемом от 70 до 200 м^3 дает значение среднего пути приблизительно 3,3 м. В результате формула для оценки c_θ принимает вид

$$c_\theta = \frac{6{,}5}{273+\theta} + 17{,}4\frac{V}{S}\left[1 + \frac{1}{\alpha_{room} + 4(V/S)\alpha_{dBm}}\right]\frac{\partial\alpha_{dBm}}{\partial\theta} \approx \frac{6{,}5}{273+\theta} + \frac{-0{,}57 + 0{,}25\lg(2{,}6f)}{1 + 0{,}0011H + 0{,}007\theta},$$

где H — относительная влажность воздуха в испытательном помещении, %;

f — максимальная частота, эквивалентный уровень звукового давления для которой оказывает существенное влияние на результат измерения корректированного по А уровня звуковой мощности.

Как для испытуемого, так и для образцового источника шума коэффициент чувствительности принимает максимальные значения при f = 10 000 Гц, если испытания проводят в сухом помещении при низкой температуре.

Типичным неблагоприятным случаем можно считать, когда испытуемый источник шума изменяет температуру воздуха в помещении, например на 10 °С, что дает u_θ = 2,9 °С. В данном примере предполагается, что основная часть излучаемой звуковой энергии сосредоточена в диапазоне до 1000 Гц. Принимая значения температуры окружающего воздуха 10 °С и относительной влажности 10 %, получаем, что коэффициент чувствительности c_θ будет равен приблизительно 0,3 дБ/°С, и вклад данного источника неопределенности $c_\theta u_\theta$ составит 1 дБ. Принятие специальных мер по обеспечению стабильной температуры в испытательном помещении и сохранению условий температурного равновесия или сокращение общего времени измерений может позволить уменьшить данную составляющую неопределенности измерений.

При повышении температуры и влажности воздуха коэффициент чувствительности c_θ начинает слабее зависеть от изменений температуры. В [2] рекомендуемыми диапазонами изменений являются ±1 °С для температуры и ±3 % для влажности воздуха при температурах ниже 20 °С и при относительной влажности менее 30 %. Для температуры выше 20 °С при относительной влажности выше 50 % такими диапазонами являются соответственно ±5 °С и ±10 %. Предполагая, что испытания проводят по достижении в испытательном помещении равновесной температуры, можно принять вклад данной составляющей неопределенности близким к 0,2 дБ.

С.4.2.9 Относительная влажность (δ_H)

В рассматриваемом примере предполагается, что изменения относительной влажности H попадают в диапазон $\pm\Delta H$, %, и характеризуются прямоугольным распределением в пределах этого диапазона. Тогда стандартная неопределенность u_H будет равна стандартному отклонению данного распределения, $u_H = \Delta H/\sqrt{3}$.

Коэффициент чувствительности c_H получают дифференцированием $L_{W\text{ref,atm}}$ аналогично С.4.2.8:

$$c_H = \frac{-2,6 + 1,6\lg(0,7f)}{1 + 0,5H} \text{ при } H > 10\ \%,$$

где f — максимальная частота, эквивалентный уровень звукового давления для которой оказывает существенное влияние на результат измерения корректированного по А уровня звуковой мощности.

Как для испытуемого, так и для образцового источника шума коэффициент чувствительности c_H принимает максимальные значения при f, равном 10 кГц, если испытания проводят в сухом помещении. В данном примере предполагается, что основная часть излучаемой звуковой энергии сосредоточена в диапазоне до 1000 Гц. Тогда при относительной влажности 10 % коэффициент чувствительности будет равен приблизительно 0,3. Если при этом относительная влажность изменяется в пределах ±5 %, то вклад данного источника неопределенности, $c_H u_H$, составит 1,0 дБ. Принятие специальных мер по обеспечению стабильности влажности воздуха и сохранению условий ее равновесия в испытательном помещении или сокращение общего времени измерений позволит уменьшить составляющую неопределенности, связанную с изменением относительной влажности воздуха. При повышении влажности воздуха коэффициент чувствительности c_H начинает слабее зависеть от изменений температуры. В [2] рекомендуемыми диапазонами изменений относительной влажности воздуха являются от ±3 % при H < 30 % до ±10 % при H > 50 %. Предполагая, что при испытаниях приняты меры для подержания стабильного значения относительной влажности воздуха, можно принять $c_H u_H$ = 0,2 дБ.

С.4.2.10 Типичное значение σ_{R0}

С учетом изложенного в С.4.2.2—С.4.2.9 и формулы (С.2) можно получить оценку типичного значения $\sigma_{R0(ST)}$, дБ, для составляющих, связанных только с испытуемым источником шума:

$$\sigma_{R0(ST)} = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,4^2 + 0,4^2 + 0,2^2 + 0,3^2 + 0,4^2 + 0,2^2 + 0,2^2} = 0,9 \text{ (дБ)}.$$

Что касается образцового источника шума, то помимо данных, приведенных в С.4.2.2—С.4.2.9, необходимо принять во внимание составляющую неопределенности, связанную с условиями калибровки, установки и работы источника. Как правило, в случае следования рекомендациям изготовителя по внесению соответствующих поправок можно принять $\sigma_{omc(RSS)}$ = 0,5 дБ. Тогда общая стандартная неопределенность по всем входным величинам, связанным с образцовым источником шума, $u[L_{W(RSS)}]$, дБ, будет

$$u\left[L_{W(RSS)}\right] = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2 + \left[\sigma_{omc(RSS)}\right]^2} =$$

$$= \sqrt{\left(0,3^2 + 0,4^2 + 0,4^2 + 0^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,2^2 + 0,2^2\right) + 0,5^2} = 0,9 \text{ (дБ)}.$$

Таким образом, для данного примера оценка σ_{R0}, дБ, равна

$$\sigma_{R0} = \sqrt{u\left[L_{W(\mathrm{RSS})}\right]^2 + \sigma_{R0(\mathrm{ST})}{}^2} = 1{,}3 \text{ (дБ)}.$$

С.5 Суммарная стандартная неопределенность

В случае незначительной корреляции между входными величинами суммарную стандартную неопределенность $u(L_{W\,\mathrm{ref,atm}})$, дБ, для уровня звуковой мощности L_W, дБ, рассчитывают по формуле

$$u\left(L_{W\mathrm{ref,atm}}\right) \approx \sigma_{\mathrm{tot}} = \sqrt{\sigma_{R0}{}^2 + \sigma_{\mathrm{omc}}{}^2} = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2 + \sigma_{\mathrm{omc}}{}^2}. \quad \text{(С.3)}$$

С.6 Использование результатов измерений в условиях воспроизводимости

При отсутствии информации о составляющих неопределенности и возможных корреляциях между входными величинами в качестве суммарной стандартной неопределенности $u(L_{W\mathrm{ref,atm}})$ может быть использовано стандартное отклонение воспроизводимости (см. раздел 9). Затем для получения расширенной неопределенности U выбирают значение коэффициента охвата k. По умолчанию интервал охвата определяют для вероятности охвата 95 %. Тогда в предположении нормального распределения случайной величины, ассоциированной с измеряемой величиной L_W, значение коэффициента охвата будет $k = 2$. Чтобы избежать неправильного толкования, вместе с расширенной неопределенностью в протоколе испытаний следует указывать примененное значение вероятности охвата.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 5725 (все части)[1)]	IDT	ГОСТ ИСО 5725-1—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения» ГОСТ ИСО 5725-2—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений» ГОСТ ИСО 5725-3—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений» ГОСТ ИСО 5725-4—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений» ГОСТ ИСО 5725-5—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений» ГОСТ ИСО 5725-6—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике»
ISO 6926	MOD	ГОСТ 35045—2023 (ISO 6926:2016) «Акустика. Образцовый источник шума для определения уровней звуковой мощности машин. Требования к характеристикам и калибровке»
ISO 12001:1996	—	*
ISO/IEC Guide 98-3	IDT	ГОСТ 34100.3—2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»
IEC 60942	—	*
IEC 61260 (all parts)	—	*
IEC 61672-1	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированный стандарт.

[1)] В Российской Федерации действуют ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 — ГОСТ Р ИСО 5725-6—2002 с общим заголовком «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».

Библиография

[1] ISO 3740, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards (Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума. Руководство по применению базовых стандартов)

[2] ISO 3741, Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation test rooms (Акустика. Определение уровней звуковой мощности и уровней звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер)

[3] ISO 3743-2, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields — Part 2: Methods for special reverberation test rooms (Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях. Часть 2. Методы для реверберационных камер)

[4] ISO 3744, Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane (Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технические методы в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью)

[5] ISO 3745, Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for anechoic test rooms and hemi-anechoic test rooms (Акустика. Определение уровней звуковой мощности и уровней звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных и полузаглушенных камер)

[6] ISO 3746, Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью)

[7] ISO 3747, Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment (Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технический/ориентировочный методы в реверберационном звуковом поле на месте установки)

[8] ISO 4871, Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment (Акустика. Заявление и подтверждение характеристик излучения шума машинами и оборудованием)

[9] ISO 7574-1, Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 1: General considerations and definitions (Акустика. Статистические методы определения и подтверждения заявленных шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 1. Общие положения и определения)

[10] ISO 7574-2, Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 2: Methods for stated values for individual machines (Акустика. Статистические методы определения и подтверждения заявленных шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 2. Методы для заявленных характеристик отдельных машин)

[11] ISO 7574-3, Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 3: Simple (transition) method for stated values for batches of machines [Акустика. Статистические методы определения и подтверждения заявленных шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 3. Простой метод для заявленных характеристик партий машин (на переходный период)]

[12] ISO 7574-4, Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 4: Methods for stated values for batches of machines (Акустика. Статистические методы определения и подтверждения заявленных шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 4. Методы для заявленных характеристик партий машин)

[13] ISO 9296, Acoustics — Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment (Акустика. Заявленные значения шума, излучаемого оборудованием для информационных технологий и телекоммуникаций)

[14] ISO 9613-1, Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere (Акустика. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой)

[15] ISO 9614-1, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 1: Measurement at discrete points (Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по интенсивности звука. Часть 1. Измерения в дискретных точках)

[16] ISO 9614-2, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 2: Measurement by scanning (Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по интенсивности звука. Часть 2. Измерения сканированием)

[17] ISO 9614-3, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 3: Precision method for measurement by scanning (Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по интенсивности звука. Часть 3. Точный метод для измерения сканированием)

[18] ISO/TR 25417:2007, Acoustics — Definitions of basic quantities and terms (Акустика. Определения основных величин и терминов)

[19] ISO 80000-8:2007, Quantities and units — Part 8: Acoustics (Величины и единицы измерений. Часть 8. Акустика)

[20] Wittstock, V. On the uncertainty of meteorological corrections in sound power determination. In: Proceedings Inter-Noise 2004 (CD-ROM), Prague, 2004

[21] Hellweg, R.D. International round robin test of ISO/DIS 7779. In: Proceedings Inter-Noise 1988, Avignon, 1988, pp. 1105—1108

[22] Vorländer, M., Raabe, G. Intercomparison on sound power measurements by use of reference sound sources. BCR-project 3347/1/0/168/89/11 — BCR — D30, 1993

[23] Tachibana, H., Yano, H., Yoshishisa, K. Definition and measurement of sound energy level of a transient sound source. J. Acoust. Soc. Jpn 1987, 8, pp. 235—240

[24] Davies, R.S. Equation for the determination of the density of moist air. Metrologia 1992, 29, pp. 67—70

[25] Hübner, G. Accuracy consideration on the meteorological correction for a normalized sound power level. In: Proceedings Inter-Noise 2000, Nice, 2000

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 17.140.01 IDT

Ключевые слова: шум, переносные источники шума, уровень звуковой мощности, уровень звуковой энергии, эквивалентный уровень звукового давления, реверберационное поле, испытательное помещение, метод сравнения, образцовый источник шума, технический метод измерений

Редактор *И.Р. Шайняк*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 13.12.2024. Подписано в печать 13.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч-изд. л. 3,95.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru