ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 3743-1— 2013

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

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)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 358 «Акустика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05 декабря 2013 г. № 2176-ст

4 Настоящий стандарт является идентичным по отношению к международному стандарту ИСО 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» (ISO 3743-1:2010, 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).

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 51400—99 в части метода сравнения для испытательных помещений с жесткими стенами

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

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 1
3 Термины и определения 2
4 Испытательное пространство и размер испытуемого источника шума 5
5 Средства измерений 6
6 Расположение, установка и работа испытуемого источника шума 7
7 Измерения 8
8 Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии 10
9 Неопределенность измерения 14
10 Регистрируемая информация 17
11 Протокол испытаний 18
Приложение А (обязательное) Приведение уровней звуковой мощности и звуковой энергии к нормальным атмосферным условиям 19
Приложение В (обязательное) Расчет корректированных по *A* уровней звуковой мощности и звуковой энергии на основе результатов измерений в полосах частот 20
Приложение С (рекомендуемое) Руководство по применению информации для расчета неопределенности измерения 21
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации (и действующему в этом качестве межгосударственному стандарту) 28
Библиография 29

Введение

Настоящий стандарт входит в серию 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 по установке машин и условиям их работы при испытаниях. Подробные требования по установке машины, режиму ее работы и нагрузке в процессе испытаний должны быть установлены в испытательных кодах по шуму для машин разных видов.

Метод, установленный настоящим стандартом, основан на сравнении уровней звукового давления в октавных полосах частот, создаваемого испытуемым источником шума и образцовым источником шума. Полученные результаты измерений могут быть использованы для получения уровней звуковой мощности или звуковой энергии с коррекцией по частотной характеристике А. Метод предназначен для испытаний малогабаритного оборудования в испытательных помещениях с жесткими стенами, удовлетворяющими 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 относятся к техническим методам по классификации ИСО 12001. Если задачи определения уровня звуковой мощности или звуковой энергии источника шума требуют точности более высокой, чем обеспечивает технический метод, то следует применить точные методы измерений, установленные в [2], [15] или [17]. К другим стандартам серий ([2] — [7]) или [15], [17] следует обращаться при невозможности обеспечения условий измерений в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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 — 2014—12—01

1 Область применения

1.1 Общие положения

Настоящий стандарт устанавливает метод измерения уровней звуковой мощности источников шума (машин и оборудования) или, в случае если шум источника имеет импульсный характер или форму переходного процесса, то уровней звуковой энергии в октавных полосах частот по результатам сравнительных измерений уровней звукового давления, создаваемого 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 *A* (далее — корректированные по *A*) 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 классификации ИСО 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, удовлетворяющих 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 и корректированных по А. Неопределенность измерения соответствует установленной ИСО 12001 для технического метода измерений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ИСО 6926 Акустика. Требования к рабочим характеристикам и калибровке образцовых источников шума, используемых для определения уровней звуковой мощности (ISO 6926, Acoustics — Require-

Издание официальное

ments for the performance and calibration of reference sound sources for the determination of sound power levels)

ИСО 12001:1996 Акустика. Шум, излучаемый машинами и оборудованием. Правила составления испытательных кодов по шуму (ISO 12001:1996, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Rules for the drafting and presentation of a noise test code)

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

МЭК 60942:2003 Электроакустика. Калибраторы акустические (IEC 60942: 2003, Electroacoustics — Sound calibrators)

МЭК 61260:1995 Электроакустика. Фильтры полосовые октавные и на доли октавы (IEC 61260:1995, Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters)

МЭК 61672-1:2002 Электроакустика, Шумомеры. Часть 1. Технические требования (IEC 61672-1:2002, Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications)

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, статья 8-9.2].

Примечание 2 — Звуковое давление выражают в паскалях (Па).

3.2 **уровень звукового давления** (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) по формуле

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

[[8], статья 2.2]

Примечание 1 — В случае применения коррекций по частотным или временным характеристикам, а также в случае измерений в заданной полосе частот это отражают применением соответствующего подстрочного индекса, например, L_{pA} — уровень звука.

Примечание 2 — Определение содержательно совпадает с [19, статья 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) по формуле

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

Примечание 1 — Обычно подстрочный индекс «T» опускают, поскольку из названия 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], (статья 2.3).

3.4 **уровень экспозиции однократного шумового процесса** (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 [$E_0 = (20\ \text{мкПа})^2\ \text{с} = 4 \cdot 10^{-10}\ \text{Па}^2\text{с}$], выраженный в децибелах (дБ) по формуле

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

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 $T_0 = 1\ \text{с}$.

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 — T выражают в секундах (с).

3.6 **метод сравнения** (comparison method): Метод измерения уровней звуковой мощности или звуковой энергии с использованием сравнения результатов измерений уровней звукового давления, создаваемого 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 шума, отвечающий установленным требованиям.

Примечание — Требования к образцовому источнику шума, применяемому в соответствии с настоящим стандартом, установлены в ИСО 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 малых размеров, обеспечивающий совместимость с измерениями звукового давления излучения в контрольных точках вблизи источника шума.

Примечание — Размеры огибающего параллелепипеда выражают в метрах (м).

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 уровня звукового давления, вносимая для учета влияния фонового шума.

Примечание 1 — K_1 выражают в децибелах (дБ).

Примечание 2 — Коррекция на фоновый шум 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 — P 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 по формуле

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

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

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

[ISO/TR 25417:2007, статья 2.9]

3.17 **звуковая энергия** (sound power) 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, статья 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 по формуле,

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

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

[ISO/TR 25417:2007, статья 2.11]

4 Испытательное пространство и размер испытуемого источника шума

4.1 Огибающий параллелепипед

Требования к размерам испытательного помещения определяются размерами огибающего параллелепипеда. 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 измерений. 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.

4.4 Проверка пригодности испытательного помещения по акустическим свойствам

Одно и то же помещение может быть пригодным или непригодным 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.

Таблица 1 — Помещения, пригодные и непригодные 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	Помещения 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	Помещения 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	

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 соответ-

ствующая 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 $\overline{L_{p1}}$ — средний по точкам измерений эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот $\overline{L'_{p(ST)}}$ [см. формулу (10)], из которого вычтена коррекция на фоновый шум K_1 [см. формулу (13)], для данного (первого) положения источника шума. Затем источник шума 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 средних по точкам измерений эквивалентных уровней звукового давления в октавной полосе частот с коррекцией 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 уровней звукового давления (звукового давления однократного шумового процесса) испытуемого источника шума (см. 8.1.2 и 8.2.2) и образцового источника шума, измеренных при наличии 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 проведения измерений.

5 Средства измерений

5.1 Общие положения

Измерительная система, включая микрофоны и соединительные кабели, должна соответствовать требованиям к средствам измерений класса 1 по МЭК 61672-1, а электронные фильтры — классу 1 по МЭК 61260. Образцовый источник шума должен удовлетворять требованиям ИСО 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, удовлетворяющего требованиям МЭК 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 МЭК 61672-1, электронных фильтров — классу 1 по МЭК 61260 и образцового источника шума — ИСО 6926 выполняют при периодической поверке. Для каждого средства измерений значение межповерочного интервала указывается в технической документации изготовителя.

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 испытаний, 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 к элементам (составным частям) испытуемого источника, шум которых необходимо учитывать, а также требования к установке и режиму работы источника шума во время испытаний. Однако, если соответствующие требования определены в испытательном коде по шуму для машин данного вида, то следует руководствоваться испытательным кодом.

6.2 Вспомогательное оборудование

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

По возможности все вспомогательное оборудование, необходимое для работы источника шума, но не составляющее его неотъемлемую часть, следует разместить вне испытательного помещения. Если это трудновыполнимо, то принимают меры, чтобы максимально снизить его шум. При невозможности удалить вспомогательное оборудование, или существенно снизить его шум, вспомогательное оборудование считают составной частью испытуемого источника 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 устанавливают на полу помещения. Если для нормальной работы испытуемого источника необходимо, чтобы он был установлен на столе или стенде, то его 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 устанавливают посередине помещения так, чтобы точки установки микрофонов располагались со всех его сторон. В испытательных помещениях малых размеров источник может быть размещен ближе к одному из концов помещения, что позволит создать в другом его конце 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 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 шуме источника значительных тональных или узкополосных составляющих. Если такие составляющие обнаружены, то проводят предварительные измерения (см. 7.4) с целью определить, требует ли это устанавливать испытуемый источник в двух разных местах испытательного помещения или даже повторить испытания в другом помещении, также удовлетворяющим 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 для его применения, то их по возможности следует применять при испытаниях.

При выборе способа установки следует руководствоваться рекомендациями изготовителя, если иное не установлено в испытательном коде по шуму для машин данного вида. Если типовых способов

установки не существует или они не могут быть применены при 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, излучаемый источником, минимален.

Часто источники шума малых размеров с незначительным излучением в низкочастотной области могут при неудачном способе крепления передавать значительную низкочастотную вибрацию в опорную конструкцию, обладающую хорошей акустической излучательной способностью в области низких частот. В этом случае рекомендуется использовать виброизолирующие прокладки между испытуемым источником и опорной конструкцией. При этом опорная конструкция должна быть жесткой (т. е. иметь значительный входной механический импеданс), чтобы предотвратить возбуждение в ней чрезмерных колебаний, являющихся причиной ее звукового излучения. Виброизолирующие прокладки используют, только если это предусмотрено типичными условиями применения источника шума.

На излучение испытуемого источника могут также оказывать влияние условия сопряжения механизмов (например, привода и машины). Для исключения этого влияния может быть применена гибкая муфта. Применение гибкой муфты аналогично применению 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 являющиеся ее частью. Если источник шума для своей работы требует опору, то опора должна быть малых размеров и рассматриваться как часть испытуемого источника. 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, когда его шум максимален при его типичном использовании и, с другой стороны, обеспечивающих воспроизводимость результатов измерений. При наличии испытательного кода по шуму руководствуются установленными в нем требованиями к условиям работы источника, а при его отсутствии испытания 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.

До проведения измерения уровня звуковой мощности или звуковой энергии, источник должен быть стабилизирован 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 излучение источника зависит от других факторов, таких как обрабатываемый материал или применяемый вставной инструмент, то их выбирают так, чтобы они соответствовали, насколько это возможно, типичным условиям применения источника и при этом обеспечивали 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 однократных шумовых процессов, проводят две серии измерений уровней звукового давления. 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.

При проведении измерений с образцовым источником шума неработающий испытуемый источник оставляют в испытательном помещении, если его звукопоглощающие свойства влияют на 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 испытуемого источника присутствуют слышимые тоны, то выполняют измерения согласно 7.4.

По возможности все микрофоны следует устанавливать 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 для измерений используют пять точек измерения — по одной с каждой стороны от испытуемого источника и одну непосредственно над ним.

Примечание — Часто более подходящим решением является не использование фиксированных точек установки микрофонов, а перемещение микрофона с постоянной скоростью по плоской 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 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 используют не менее шести точек измерений, в соответствии с 7.3. При работающем источнике шума, установленном в первоначально выбранном положении, проводят измерения уровней звукового давления $L'_{pi(\mathrm{pre})}$ в каждой i-й точке измерения. По полученным результатам измерений рассчитывают выборочное стандартное отклонение s_M, дБ, по формуле

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

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

$L'_{pi(\mathrm{pre})}$ — измеренный эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений при работающем испытуемом источнике, дБ;

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

В зависимости от значения s_M в каждой октавной полосе частот по таблице 2 определяют число N_S мест установки испытуемого источника 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 с другими размерами, удовлетворяющем требованиям 4.4

7.5 Измерение 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 $L'_{pi(ST)}$ при работающем испытуемом источнике и при работающем образцовом источнике шума $L'_{pi(RSS)}$. Продолжительность измерений для образцового источника шума равна 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 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 звукового давления источников импульсного шума

В каждой точке измерений (установки микрофона) i, $i = 1, 2, ..., n$, в каждой октавной полосе диапазона частот измерений определяют уровни экспозиции $L'_{Ei(ST)}$ однократного шумового процесса при работающем испытуемом источнике шума. Измерения проводят либо один раз на интервале времени, когда однократный шумовой процесс повторяется N_e раз, либо N_e раз для отдельных шумовых процессов, $N_e \ge 5$. Продолжительность измерений должна быть достаточной, чтобы охватить все части однократного шумового процесса, 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 звукового давления испытуемого источника в каждой точке измерений и в каждой октавной полосе диапазона частот измерений при той же продолжительности измерений определяют эквивалентный уровень 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 (см. 7.4), то рассчитывают средний по местам установки эквивалентный уровень звукового давления $L'_{pi(ST)}$, дБ,

создаваемого испытуемым источником шума в каждой октавной полосе и в каждой i-й, точке измерений (или вдоль траектории сканирования) по формуле

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

где $\left[L'_{pi(\mathrm{ST})}\right]_j$ — измеренный эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике, установленном в j-м положении, дБ;

N_S — число мест установки испытуемого источника.

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 $\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}$ испытуемого источника, работающего в заданном режиме, дБ, вычисляют по формуле

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

где $L'_{pi(\mathrm{ST})}$ — измеренный средний эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

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

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

где $L'_{pi(\mathrm{RSS})}$ — измеренный эквивалентный уровень 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 фонового шума $\overline{L_{p(\mathrm{B})}}$, дБ, вычисляют по формуле

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

где $L_{pi(\mathrm{B})}$ — измеренный эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) фонового шума, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

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

8.1.3 Коррекция на фоновый шум

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

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

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

$\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}$ — рассчитанный по результатам измерений средний по точкам измерений (траекториям сканирования) эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот при работающем испытуемом источнике, дБ;

$\overline{L_{p(\mathrm{B})}}$ — рассчитанный по результатам измерений средний по точкам измерений (траекториям сканирования) эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот фонового шума, дБ.

Если $\Delta L_p \geq 15$ дБ, то K_1 полагают равным нулю. 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, то 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 уровень звуковой мощности испытуемого источника является верхней оценкой. 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 в октавной полосе частот рассчитывают по формуле

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

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

K_1 — коррекция на фоновый шум, дБ;

$K_{1(\mathrm{RSS})}$ — коррекция на фоновый шум для образцового источника шума, рассчитываемая по формуле (13) заменой $\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}$ на $\overline{L'_{p(\mathrm{RSS})}}$, 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 $L_{W\mathrm{ref,atm}}$, приведенный к нормальным атмосферным условиям (статическое давление 101,325 кПа, температура воздуха 23,0 °С).

8.2 Определение уровня звуковой энергии

8.2.1 Расчет уровней экспозиции однократного шумового процесса для нескольких положений испытуемого источника шума

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

$$\left[L'_{Ei(\mathrm{ST})}\right]_j = 10 \lg \left[\frac{1}{N_\mathrm{e}} \sum_{q=1}^{N_\mathrm{e}} 10^{0{,}1\left[L'_{Ei,q(\mathrm{ST})}\right]_j}\right]. \qquad (15)$$

где $\left[L'_{Ei,q(\mathrm{ST})}\right]_j$ — измеренный уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса в октавной полосе частот в i-й точке установки микрофона для j-го положения испытуемого источника для q-го одиночного процесса, $q = 1, 2, \ldots, N_\mathrm{e}$, при работающем испытуемом источнике, дБ;

N_e — число измерений одиночного шумового процесса.

Если уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса был измерен в i-й точке установки микрофона (для i-й траектории сканирования) один раз для последовательности, включающей N_e одиночных процессов, то средний уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса

$\left[L'_{Ei(\mathrm{ST})}\right]_j$, дБ, создаваемый испытуемым источником в каждой октавной полосе для j-го положения испытуемого источника шума рассчитывают по формуле

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

где $\left[L'_{Ei,N_\mathrm{e}(\mathrm{ST})}\right]_j$ — измеренный уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса в октавной полосе частот в i-й точке установки микрофона для j-го положения испытуемого источника для последовательности одиночных процессов при работающем испытуемом источнике, дБ;

N_e — число одиночных шумовых процессов в последовательности.

Если при испытаниях используют более одного места установки испытуемого источника (см. 7.4), то рассчитывают средний по местам установки уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса $L'_{Ei(\mathrm{ST})}$, дБ, создаваемый испытуемым источником шума в каждой октавной полосе и в каждой i-й точке измерений (или для i-й траектории сканирования) по формуле

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

где $\left[L'_{Ei(\mathrm{ST})}\right]_j$ — полученный в результате измерения средний уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса 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 звуковой экспозиции однократного шумового процесса

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

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

где $L'_{Ei(\mathrm{ST})}$ — измеренный средний уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса в октавной полосе частот в i-й точке измерений (для i-й траектории сканирования) при работающем испытуемом источнике, дБ;

N_M — число точек установки микрофонов (траекторий сканирования).

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

8.2.3 Коррекция на фоновый шум

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

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

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

$\overline{L'_{E(\mathrm{ST})}}$ — измеренный средний по точкам измерений (траекториям сканирования) уровень звуковой экспозиции однократного шумового процесса в октавной полосе частот при работающем испытуемом источнике, дБ;

$\overline{L_{p(\mathrm{B})}}$ — рассчитанный по результатам измерений средний по точкам измерений (траекториям сканирования) эквивалентный уровень звукового давления в октавной полосе частот фонового шума, дБ.

При измерениях $L'_{Ei(\mathrm{ST})}$ и $L'_{pi(\mathrm{B})}$ 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 в октавной полосе частот рассчитывают по формуле

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

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 $L_{J\mathrm{ref,atm}}$, приведенный к нормальным атмосферным условиям (статическое давление 101,325 кПа, температура воздуха 23,0 °С).

8.3 Определение корректированных по А уровней звуковой мощности и звуковой энергии

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

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

Общее стандартное отклонение рассчитывают на основании модели измерений в соответствии с Руководством ИСО/МЭК 98-3. При отсутствии необходимых сведений, позволяющих построить такую модель, прибегают к результатам сопоставительных измерений, выполненных в условиях воспроизводимости.

Тогда общее стандартное отклонение σ_{tot} рассчитывают через стандартное отклонение воспроизводимости σ_{R0} и стандартное отклонение σ_{omc}, характеризующее нестабильность условий работы и установки испытуемого источника, по формуле

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

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

Примечание — Результаты измерений разными методами, установленными стандартами серии [1], могут быть смещены друг относительно друга.

Расширенную неопределенность измерения U рассчитывают по общему стандартному отклонению σ_{tot} по формуле

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

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 измеренный уровень звуковой мощности (звуковой энергии) предполагается сопоставлять с неким предельным значением, то иногда может быть более уместно определить односторонний интервал охвата для указанной случайной величины. В этом случае при уровне доверия 95 % значение коэффициента охвата будет равно $k = 1{,}6$.

9.2 Определение σ_{omc}

Стандартное отклонение σ_{omc} [см. формулу (С.1) в приложении С], характеризующее неопределенность, связанную с нестабильностью воспроизведения условий работы и установки источника шума для испытаний может давать существенный вклад в неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии). Для получения оценки σ_{omc} можно провести серию повторных измерений для одного и того же источника шума в одном и том же месте размещения одним и тем же испытателем, используя одну и ту же измерительную систему и одну и ту же точку (или точки) измерений. Повторные измерения $L'_{pi(ST)}$ выполняют в точке измерений, где значение этой величины максимально, или определяют $\overline{L'_{p(ST)}}$. К полученным результатам применяют коррекцию на фоновый шум. Перед каждым повторным измерением испытуемый источник 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 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 измерения проведены правильно, то величине σ_{omc} можно приписать значение 0,5 дБ. В других случаях, например, когда на шум испытуемого источника существенное влияние оказывает обрабатываемый или производимый материал, а также при непредсказуемых изменениях в потреблении или производстве 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 результаты измерений, проводимых в соответствии с настоящим стандартом (различия в характеристиках излучения источников шума, в применяемых средствах 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 2. Эти оценки можно считать верхними оценками для большинства машин и оборудования, на которое распространяется настоящий стандарт. Для машин конкретного вида могут быть получены уточненные оценки путем проведения межлабораторных сравнительных испытаний (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 Межлабораторные сравнительные испытания

Межлабораторные испытания для определения σ_{R0} проводят в соответствии с ИСО 5725, когда уровни звуковой мощности источника шума определяют в условиях воспроизводимости, т. е. с участием разных специалистов, проводящих измерения в разных местах расположения источника шума разными средствами измерений. Такой эксперимент позволяет получить оценку σ'_{tot} общего стандартного отклонения для источника шума, рассылаемого лабораториям-участникам эксперимента. Предполагается, что в межлабораторных испытаниях будет обеспечена вариативность всех существенных факторов, которые могут оказать влияние на результат измерений звуковой мощности данного источника шума.

Полученная в результате межлабораторных испытаний 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 испытаний разных экземпляров источника шума данного вида, незначительно отличаются, 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 для заявления значения шумовой характеристики машин.

Если межлабораторные испытания не проводились, то для реалистической оценки σ_{R0} используют накопленные знания об измерениях шума машин данного вида.

Иногда затраты на проведение межлабораторных испытаний можно сократить, исключив требование проведения измерений в разных местах расположения источника шума. Это можно сделать, например, если источник шума обычно устанавливают в условиях, когда коррекции на фоновый шум K_1 и на свойства испытательного пространства K_2 невелики или, если целью испытаний является подтверждение значения шумовой характеристики машины при ее работе в заданном месте расположения. Оценку, полученную в этих условиях ограниченной вариативности, обозначают $\sigma_{R0,DL}$ и используют 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), мало достоверны, если σ_{tot} незначительно превышает σ_{omc}. Достаточно надежные оценки σ_{R0} будут 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. Руководство ИСО/МЭК 98-3)

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

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 испытаний, не требуют каких-либо дополнительных предположений о возможной корреляции источников неопределенности, входящих в формулу (25). Оценки по результатам межлабораторных испытаний в общем случае являются более устойчивыми, чем полученные на основе математических моделей. Однако проведение межлабораторных испытаний не всегда осуществимо и зачастую их приходится заменять обобщением опыта прошлых измерений.

9.4 Типичные оценки σ_{R0}

В таблице 3 приведены типичные верхние оценки стандартного отклонения σ_{R0} для технического метода 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, указанных в таблице 3, для уточнения оценки σ_{R0} рекомендуется проведение межлабораторных испытаний.

Таблица 3 — Типичные верхние оценки 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 Общее стандартное отклонение σ_{tot} и расширенная неопределенность U

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

Пример — Технический метод измерений; σ_{omc} = 2 дБ; k = 2; в результате измерения получено L_{WA} = 82 дБ. Определение σ_{R0} для машин данного вида выполнено не было, поэтому использовано значение σ_{R0} из таблицы 2 (σ_{R0} = 1,5 дБ). По формулам (22) и (23) получаем $U = 2 \cdot \sqrt{1,5^2 + 2^2} = 5$ дБ.

Другие примеры расчета σ_{tot} приведены в разделе С.3 (приложение С).

Примечание — Расширенная неопределенность, определяемая по формуле (23), не включает в себя стандартное отклонение производства, использованного 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 10.2—10.5.

10.2 Испытуемый источник шума

Приводят следующие сведения:

a) общие данные об испытуемом источнике шума (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) место расположения (расположений) источника шума в испытательном помещении.

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

10.3 Испытательное помещение

Приводят следующие сведения:

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 уровней 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 сведения:

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 калибровки до и после проведения измерений в соответствии с 5.2;

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

10.5 Результаты измерений

Приводят следующие общие сведения:

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, наличие дискретных тонов или узкополосных шумов, временные характеристики и т. п.;

e) все результаты измерений эквивалентных уровней звукового давления (эквивалентных уровней звукового давления однократного шумового процесса) в каждой октавной полосе частот в каждой точке измерений (траектории сканирования) испытуемого источника шума;

f) все результаты измерений эквивалентных уровней звукового давления 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 измерения, использованное значение коэффициента охвата и соответствующую вероятность охвата;

i) дату и время проведения измерений.

11 Протокол испытаний

В протоколе испытаний указывают зарегистрированную в соответствии с разделом 10 информацию, которая необходима в целях измерений. В протокол включают также все особенности, необходимость учета которых указана в соответствующих разделах настоящего стандарта. Если уровни звуковой мощности или звуковой энергии 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 выходят за установленные предельные значения, то в протокол вносят запись о том, что измерения были проведены в соответствии с требованиями настоящего стандарта за исключением указываемых в протоколе испытаний. 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 (статическое давление 101,325 кПа, температура воздуха 23,0 °С), $L_{W\mathrm{ref,atm}}$, дБ, рассчитывают по формуле

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

где L_W — уровень звуковой мощности, рассчитанный по формуле (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]): $C_2 = -10\lg\dfrac{p_\mathrm{s}}{p_{\mathrm{s},0}} + 15\lg\left(\dfrac{273{,}15+\theta}{\theta_1}\right)$;

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

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

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

$\theta_1 = 296$ К.

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

$$p_\mathrm{s} = p_{\mathrm{s},0}\left(1 - aH_\mathrm{a}\right)^b, \tag{A.2}$$

где $a = 2{,}2560 \cdot 10^{-5}$ м$^{-1}$;

где $b = 5{,}2553$;

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

Уровень звуковой энергии, приведенный к нормальным атмосферным условиям $L_{J\mathrm{ref,atm}}$, дБ, рассчитывают по формуле

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

где L_J — уровень звуковой энергии, рассчитанный по формуле (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 *A* уровней звуковой мощности и звуковой энергии на основе результатов измерений в полосах частот

В.1 Корректированные по *A* уровни звуковой мощности

Корректированный по *A* 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 вышей полосы диапазона частот измерений соответственно.

В.2 Корректированные по А уровни звуковой энергии

Корректированный по *A* 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 (см. таблицу В.1) полосы частот;
C_k — поправка для k-й октавной полосы частот по таблице В.1;
k_{min}, k_{max} — значения k для низшей и вышей 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 Руководством ИСО/МЭК 98-3. Он предполагает составление бюджета неопределенности, в котором идентифицированы основные источники неопределенности и их вклад в суммарную стандартную неопределенность.

Целесообразно разделить все источники неопределенности на две группы:

a) присущие методу измерения;

b) обусловленные нестабильностью излучаемого шума.

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

С.2 Определение общего стандартного отклонения σ_{tot}

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

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

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

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

С.3 Определение стандартного отклонения 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 $L_{p,j}$ — корректированный на фоновый шум уровень звукового давления, полученный в j-м повторном измерении 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 уровень звукового давления максимален. Если используют усреднение по всем точкам измерения, то в формуле (Н.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 значения ее шумовой характеристики определяются испытательным кодом по шуму. При его отсутствии эти условия должны быть точно определены до проведения испытаний и зафиксированы в протоколе испытаний. Ниже приводятся некоторые рекомендации по определению таких условий и их возможному влиянию 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 на пружинах, или на твердый массивный 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 машины, может различаться весьма сильно. Составляющая неопределенности, обусловленная установкой машины, будет наибольшей, если машина соединена со вспомогательным оборудованием. Также эта составляющая неопределенности будет велика в случае ручных машин. Необходимо исследовать, как перемещения машины или ее крепления влияют на ее шум. Если необходимо заявить значение шумовой характеристики 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 ее шум известно, то в испытательном коде по шуму или в методике, применяемой пользователем, должен быть определен рекомендуемый способ установки машины при испытаниях.

С точки зрения важности вклада тех или иных источников неопределенности в σ_{tot} исследования для определения σ_{omc} имеют большее значение, чем связанные с определением σ_{R0} [см. формулу (22)]. Это объясняется тем, что σ_{omc} может принимать существенно большие значения, чем, например, стандартное отклонение σ_{R0}, которое для технического метода измерения, 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	Общее 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 пытаться обеспечить условия точного метода измерения.

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 Определение стандартного отклонения σ_{R0}

С.4.1 Общие положения

Верхние оценки σ_{R0} 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 ИСО 5725, либо расчеты на основании математической модели измерения [см. формулу (23)], 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 межлабораторных сравнительных испытаний, либо рассчитанное на основе модели, которое не учитывает вариативность этих источников.

Расчет на основе бюджета неопределенности предполагает статистическую независимость отдельных источников неопределенности и, главное, наличие уравнений измерения, 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 приближенной оценки вкладов отдельных составляющих неопределенности.

С.4.2 Вклад разных источников в σ_{R0}

С.4.2.1 Общие положения

Предварительные исследования показали, что приведенный к нормальным атмосферным условиям уровень звуковой мощности $L_{W\mathrm{ref,atm}}$, дБ, может быть представлен следующей зависимостью от влияющих факторов (входных величин):

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

где δ_{method} — входная величина, описывающая влияние применяемого метода измерения, 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 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, 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 стандартным 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 место расположений источника, дБ;

δ_θ — входная величина, описывающая флуктуации температуры воздуха в испытательном помещении, дБ;

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

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

Примечание 1 — Если измеряемой величиной является уровень звуковой энергии, то для нее модель измерения будет иметь вид, аналогичный (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 в формуле (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, по формуле $\sigma_{R0} = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2}$, 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. Е.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
$\overline{L'_{p(ST)}}$	$\overline{L'_{p(ST)}}$ b	$s_{L'_{p(ST)}}$	Нормальное	$1+\frac{1}{10^{0{,}1\Delta L_p}-1}$

Окончание таблицы С.2

Входная величина (см. Е.4.2)	Оценка входной величины [a], дБ	Стандартное отклонение [a] u_i, дБ	Вид распределения	Коэффициент чувствительности [a] c_i
K_1	K_1 [b]	$s_{L_{p(B)}}$	Нормальное	$\frac{1}{10^{0,1\Delta L_p}-1}$
C_2	C_2 [b]	0,2	Треугольное	1
δ_{slm}	0	0,5	Нормальное	0,5
δ_{mic}	0	$s_{\left(L_{pi(ST)}\right)_j}\Big/\sqrt{N_M N_S}$	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.
[b] Оценка, полученная в результате измерения данной входной величины.

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

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 Влияние метода измерения (δ_{method})

Неопределенность, связанная с применяемым методом измерения, характеризуется смещением метода и стандартной неопределенностью оценки этого смещения u_{method}. В предположении, что все необходимые поправки к измеренному уровню звуковой мощности внесены должным образом, смещение можно оценить только исходя из практического опыта измерений или по результатам межлабораторных испытаний. 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 измерения недостаточно квалифицированным или неопытным испытателем.

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 неопределенности 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, характеризуется разбросом результатов последовательных измерений. Соответственно, стандартная неопределенность $u\left(\overline{L'_{p(ST)}}\right)$, дБ, может быть выражена через выборочное стандартное отклонение $s_{L'_{p(ST)}}$ 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 измерения, включая средства измерений, одним и тем же испытателем. При каждом повторном испытании включение и настройку средств измерений выполняют заново.

Коэффициент чувствительности $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right)$ представляет собой производную функции измерения L_W по $\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}$ и зависит от уровня фонового шума. Вычисление производной дает $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right) = 1 + \frac{1}{10^{0,1\Delta L_p} - 1}$.

Это выражение может быть упрощено до $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right) = 1 + c(K_1)$.

Для наихудшего случая, когда уровень шума совпадает с предельно допустимым значением (см. С.4.2.4), значение коэффициента чувствительности $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right) = 1,3$. 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 измерения. Увеличение продолжительности измерений способно привести к значительному уменьшению вклада данного источника неопределенности. Снижение фонового шума позволяет уменьшить значение $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right)$, а с учетом того, что при этом уменьшается и разброс результатов измерений $L'_{p(\mathrm{ST})}$, вклад данного источника неопределенности может быть уменьшен вдвое. В рассматриваемом примере вклад $c\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right) u\left(\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}}\right)$ в суммарную стандартную неопределенность предполагается равным 0,4 дБ. Эту же оценку можно использовать при рассмотрении изменчивости поля, создаваемого образцовым источником шума (входная величина $\overline{L'_{p(\mathrm{RSS})}}$).

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 $s_{L_{p(\mathrm{B})}}$ по серии повторных измерений фонового шума в одной точке измерений.

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

$$c(K_1) = \frac{1}{10^{0,1\Delta L_p} - 1}.$$

При $\Delta L_p \leq 10$ дБ выражение для $c(K_1)$ может быть упрощено до вида $c(K_1) \approx 3,6/\Delta L_p - 0,24$. В рассматриваемом примере $u(K_1)$ предполагается равным 3 дБ. В наихудшем случае разность $\overline{L'_{p(\mathrm{ST})}} - \overline{L_{p(\mathrm{B})}} = 6$ 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 обеспечения 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 она равна 0,4 дБ. Приписывая случайной величине, 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 $c(C_2)$ для данного фактора 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 $c\left(C_{2(\mathrm{RSS})}\right) u\left(C_{2(\mathrm{RSS})}\right)$ 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 результаты 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 МЭК 61672-1.

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

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

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

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

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

В данном примере предполагается, что испытуемый источник 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 испытательного помещения, устанавливая в нем акустические рассеиватели звука, увеличивая число точек измерений и мест расположения испытуемого источника. Дополнительная информация по 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 $\pm\Delta\theta$ и характеризуются прямоугольным распределением в пределах этого диапазона. Тогда стандартная неопределенность $u(\theta)$ будет равна стандартному отклонению данного распределения, $u_\theta = \Delta\theta/\sqrt{3}$.

Коэффициент чувствительности c_θ получают дифференцированием $L_{W\mathrm{ref,atm}}$ 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, уровень звукового давления для которой оказывает существенное влияние на результат измерения корректированного по A 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 изменяет температуру воздуха в помещении, например, на 10 °С, что дает $u_\theta = 2,9$ °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 или сокращение общего времени измерений может позволить уменьшить данную составляющую неопределенности измерения.

При повышении температуры и влажности воздуха коэффициент чувствительности c_θ слабее зависит 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, Па, происходят в диапазоне $\pm\Delta H$, %, и характеризуются прямоугольным распределением в пределах этого диапазона. Тогда стандартная неопределенность u_H будет равна стандартному отклонению данного распределения, т. е. $u_H = \Delta H/\sqrt{3}$.

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

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

где f — максимальная частота, уровень звукового давления для которой оказывает существенное влияние на результат измерения корректированного по A 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 стабильной 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 поддержания стабильной 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 $\sigma_{R0(\text{ST})}$, дБ, для составляющих, связанных только с испытуемым источником

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

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 $\sigma_{\text{omc(RSS)}} = 0,5$ дБ. Тогда общая стандартная неопределенность по всем входным величинам, связанным с образцовым источником шума, $u\left[L_{W(\text{RSS})}\right]$, дБ, рассчитывается по формуле

$$u\left[L_{W(\text{RSS})}\right] = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2 + \left[\sigma_{\text{omc(RSS)}}\right]^2} = \sqrt{\left(0,3^2 + 0,4^2 + 0,4^2 + 0^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,2^2 + 0,2^2\right) + 0,5^2} = 0,9.$$

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

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

С.5 Суммарная стандартная неопределенность

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

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

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 $u\left(L_{W\text{ref, atm}}\right)$ 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, $k = 2$. 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 национальным стандартам Российской Федерации (и действующему в этом качестве межгосударственному стандарту)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование национального стандарта
ИСО 5725 (все части)	IDT	ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения» ГОСТ Р ИСО 5725-2—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений» ГОСТ Р ИСО 5725-3—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений» ГОСТ Р ИСО 5725-4—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений» ГОСТ Р ИСО 5725-5—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения правильности стандартного метода измерений» ГОСТ Р ИСО 5725-6—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике»
ИСО 6926	—	*
ИСО 12001:1996	—	*
Руководство ИСО/МЭК 98-3	IDT	ГОСТ Р 54500.3—2011 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»
МЭК 60942:2003	IDT	ГОСТ Р МЭК 60942—2009 «Калибраторы акустические. Технические требования и требования к испытаниям»
МЭК 61260:1995	MOD	ГОСТ Р 8.714—2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Фильтры полосовые октавные и на доли октавы. Технические требования и методы испытаний»
МЭК 61672-1:2002	MOD	ГОСТ 17187—2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования»

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

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

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

Библиография

[1] ISO 3740, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards

[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

[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

[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

[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

[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

[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

[8] ISO 4871, Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment

[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

[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

[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

[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

[13] ISO 9296, Acoustics — Declared noise emission values of computer and business equipment

[14] ISO 9613-1, Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere

[15] ISO 9614-1, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 1: Measurement at discrete points

[16] ISO 9614-2, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 2: Measurement by scanning

[17] ISO 9614-3, Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 3: Precision method for measurement by scanning

[18] ISO/TR 25417:2007, Acoustics — Definitions of basic quantities and terms

[19] ISO 80000-8, Quantities and units — Part 8: Acoustics

[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. *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., YOSHIHISA, 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 ОКС 17.140.01 Т34

Ключевые слова: шум машин, переносные источники шума, уровень звуковой мощности, уровень звуковой энергии, уровень звукового давления, звуковое поле, реверберационное поле, испытательное помещение, огибающий параллелепипед, метод сравнения, образцовый источник шума, технический метод измерения

Редактор *Б.Н. Колесов*
Технический редактор *А.Г. Костарева*
Корректор *Г.Н. Старкова*
Компьютерная верстка *Е.Г. Жилиной*

Сдано в набор 24.04.2014. Подписано в печать 02.06.2014. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,19. Уч.-изд. л. 3,34. Тираж 56 экз. Зак. 2272.

Набрано в Издательском доме «Вебстер»
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru