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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**ГОСТ ISO 3746— 2025**

## Акустика

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

## Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью

**(ISO 3746:2010, IDT)**

**Издание официальное**

**Москва**
**Российский институт стандартизации**
**2026**

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

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

**Сведения о стандарте**

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

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 декабря 2025 г. № 192-П)

За принятие проголосовали:

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

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 января 2026 г. № 37-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 3746—2025 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2027 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 3746:2010 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью» («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», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации ISO 43 «Акустика» Подкомитетом 1 «Шум» Международной организации по стандартизации (ISO).

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

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

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

© ISO, 2010
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026



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

## Содержание

1 Область применения . . . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . . . 2
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Испытательное пространство . . . . . 5
5 Средства измерений . . . . . 6
6 Расположение, установка и работа испытуемого источника шума . . . . . 6
7 Огибающий параллелепипед и измерительная поверхность . . . . . 8
8 Измерения уровней звуковой мощности и звуковой энергии . . . . . 11
9 Неопределенность измерения . . . . . 15
10 Регистрируемая информация . . . . . 18
11 Протокол испытаний . . . . . 19
Приложение А (обязательное) Определение коррекции на свойства испытательного пространства . . 20
Приложение В (обязательное) Точки измерений на полусферической измерительной поверхности . . 21
Приложение С (обязательное) Точки измерений на измерительной поверхности в виде параллелепипеда . . . . . 26
Приложение D (обязательное) Руководство по применению информации для расчета неопределенности измерения . . . . . 32
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам . . . . . 39
Библиография . . . . . 40

## Введение

Настоящий стандарт входит в серию стандартов (см. [2]—[6]), 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 [2]—[6], равно как и настоящий стандарт, дают только общие рекомендации в отношении установки машин и условий их работы при испытаниях. Подробные требования должны быть установлены в испытательных кодах по шуму для машин разных видов.

Настоящий стандарт устанавливает методы определения уровней звуковой мощности и звуковой энергии в широкой полосе частот с коррекцией по частотной характеристике А.

Методы настоящего стандарта относятся к ориентировочным методам по классификации ISO 12001 и предполагают проведение измерений в промышленных помещениях или на площадках на открытом воздухе. В идеале испытуемый источник шума должен быть установлен на звукоотражающей плоскости в пределах большого открытого пространства. Если испытуемый источник шума при его применении устанавливают внутри цехового помещения, то в результат измерения вносят поправку на отражение от близлежащих предметов, стен и потолка, а также поправку на фоновый шум, наблюдающийся в условиях применения.

Если задачи определения уровня звуковой мощности или звуковой энергии источника шума требуют точности более высокой, чем обеспечивает ориентировочный метод, то следует обратиться к методам измерений, установленным в ISO 3744, [5] или [14]—[16]. Также к другим стандартам серии ([2]—[6] или к [14]—[16] следует обращаться при невозможности обеспечения условий измерений в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

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

**Акустика**

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

## Ориентировочный метод с использованием измерительной поверхности над звукоотражающей плоскостью

Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Survey methods using an enveloping measurement surface over a reflecting plane

**Дата введения — 2027—03—01**

## 1 Область применения

### 1.1 Общие положения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерения уровней звуковой мощности источников шума (машин и оборудования) или, в случае, если шум источника имеет импульсный характер или форму переходного процесса, уровней звуковой энергии в широкой полосе частот с применением коррекции по частотной характеристике А по результатам измерений уровней звукового давления в точках на охватывающей источник шума измерительной поверхности в условиях испытаний, удовлетворяющих заданным требованиям.

Примечание — Разные формы измерительной поверхности, используемой при применении методов настоящего стандарта. могут дать отличающиеся результаты измерений. Информация о форме измерительной поверхности, применяющейся при испытаниях машин конкретного вида, может быть установлена в соответствующем испытательном коде по шуму (см. ISO 12001).

### 1.2 Вид шума и источники шума

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

Настоящий стандарт распространяется на источники шума всех видов и размеров (например, стационарное или медленно перемещающееся технологическое оборудование, установки машины и их узлы), для которых может быть обеспечено соблюдение требований настоящего стандарта к условиям испытаний.

Примечание — Соблюдение требований настоящего стандарта к условиям испытаний может встретить трудности в случае очень высоких или очень протяженных источников шума, таких как дымовые трубы, конвейеры, трубопроводы или промышленные установки с множественными источниками шума. Методы измерений для таких объектов могут быть установлены в испытательных кодах по шуму.

### 1.3 Испытательное пространство

Условия испытаний, соответствующие требованиям настоящего стандарта, могут быть созданы внутри помещений или на открытом воздухе и предполагают наличие одной или нескольких звукоотражающих плоскостей, на которые или вблизи которых устанавливают испытуемый источник шума.

**Издание официальное**

### 1.4 Неопределенность измерения

В настоящем стандарте приведены сведения о неопределенности измерения уровней звуковой мощности (звуковой энергии) в широкой полосе частот с применением коррекции по частотной характеристике А. Неопределенность измерения соответствует ISO 12001 для ориентировочных методов измерений.

## 2 Нормативные ссылки

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

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

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

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

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

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

IEC 61672-1[3)], Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications (Электроакустика. Шумомеры. Часть 1. Технические требования)

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

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

Примечание 1 — Определение термина модифицировано по отношению к [23], 8—9.2.

Примечание 2 — Выражают в паскалях (Па).

3.2 **уровень звукового давления**[4)] ***$L_p$*** (sound pressure level, $L_p$): Десятикратный десятичный логарифм отношения квадрата звукового давления $p$ к квадрату опорного звукового давления $p_0$ ($p_0$ = 20 мкПа), выраженный в децибелах (дБ),

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

[ISO/TR 25417:2007, 2.2]

---

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

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

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

*4) Данный термин приведен в оригинале вводимого международного стандарта, однако в тексте стандарта не используется.*

Примечание 1 — В случае применения коррекций по частотным или временным характеристикам по IEC 61672-1, а также в случае измерений в заданной полосе частот это отражают применением соответствующего подстрочного индекса. Например, $L_{pA}$ — уровень звукового давления, корректированного по А, называемый уровнем звука.

Примечание 2 — Пояснение к термину приведено в [23], 8—22.

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

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

Примечание 1 — Обычно подстрочный индекс «$T$» опускают, поскольку из самого 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 [22], 2.3.

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

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

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

Примечание 2 — В случае описания звуковой иммиссии данную величину обычно называют «уровень звукового воздействия» (см. [22]).

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

Примечание — Выражают в секундах (с).

3.6 **звукоотражающая плоскость** (reflecting plane): Отражающая звук плоская поверхность, на которую устанавливают испытуемый источник шума.

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

3.8 **огибающий параллелепипед** (reference box): Воображаемая поверхность в виде прямоугольного параллелепипеда наименьшего объема, опирающегося одной гранью на звукоотражающую плоскость (или несколькими гранями на несколько звукоотражающих плоскостей) 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.

Примечание — При необходимости может быть использован испытательный стол самых малых размеров, обеспечивающий совместимость с измерениями звукового давления излучения в контрольных точках вблизи источника шума, например в соответствии с [18]—[21].

3.9 **характеристический размер (источника) $d_0$** (characteristic source dimension, $d_0$): Расстояние от начала системы координат до самой дальней вершины огибающего параллелепипеда.

Примечание — Выражают в метрах (м).

3.10 **измерительное расстояние *d*** (measurement distance, *d*): Расстояние между огибающим параллелепипедом и измерительной поверхностью в форме прямоугольного параллелепипеда.

Примечание — Выражают в метрах (м).

3.11 **измерительный радиус *r*** (measurement radius, *r*): Радиус измерительной поверхности, имеющей вид полусферы, половины полусферы или четверти полусферы.

Примечание — Выражают в метрах (м).

3.12 **измерительная поверхность** (measurement surface): Воображаемая поверхность, охватывающая испытуемый источник шума, пересечение которой со звукоотражающей плоскостью (плоскостями) имеет вид замкнутой кривой и на которой располагают точки установки микрофонов (точки измерений).

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

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

3.14 **коррекция на фоновый шум $K_1$** (background noise correction, $K_1$): Поправка к усредненному (методом энергетического суммирования) по точкам измерений (местам установки микрофонов) на измерительной поверхности эквивалентному уровню звукового давления, вносимая для учета влияния фонового шума.

Примечание 1 — Выражают в децибелах (дБ).

Примечание 2 — Зависит от частоты. При измерениях в широкой полосе с коррекцией по частотной характеристике А коррекцию на фоновый шум обозначают $K_{1A}$.

3.15 **коррекция на свойства испытательного пространства $K_2$** (environmental correction, $K_2$): Поправка к усредненному (методом энергетического суммирования) по точкам измерений (местам установки микрофонов) на измерительной поверхности эквивалентному уровню звукового давления, вносимая для учета влияния отраженного и поглощенного звука.

Примечание 1 — Выражают в децибелах (дБ).

Примечание 2 — Зависит от частоты. При измерениях в широкой полосе с коррекцией по частотной характеристике А коррекцию на свойства испытательного пространства обозначают $K_{2A}$.

Примечание 3 — В общем случае коррекция на свойства испытательного пространства зависит от площади *S* измерительной поверхности. Как правило, с увеличением *S* коррекция на свойства испытательного пространства увеличивается.

3.16 **эквивалентный уровень звукового давления на поверхности $\overline{L_p}$** (surface time-averaged sound pressure level, $\overline{L_p}$): Усредненный (методом энергетического суммирования) по точкам измерений или траекториям сканирования на измерительной поверхности эквивалентный уровень звукового давления после внесения коррекций на фоновый шум $K_1$ и свойства испытательного пространства $K_2$.

Примечание — Выражают в децибелах (дБ).

3.17 **уровень экспозиции отдельного шумового события на поверхности $\overline{L_E}$** (surface single event time-integrated sound pressure level, $\overline{L_E}$): Усредненный (методом энергетического суммирования) по точкам измерений или траекториям сканирования на измерительной поверхности уровень экспозиции отдельного шумового события после внесения коррекций на фоновый шум $K_1$ и свойства испытательного пространства $K_2$.

Примечание — Выражают в децибелах (дБ).

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

[ISO 80000-8:2007, 8—16]

Примечание 1 — Выражают в ваттах (Вт).

Примечание 2 — Характеризует скорость излучения звуковой энергии источником в воздушную среду.

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

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

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

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

[ISO/TR 25417:2007, 2.9]

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

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

Примечание 1 — Выражают в джоулях (Дж).

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

[ISO/TR 25417:2007, 2.10]

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

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

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

[ISO/TR 25417:2007, 2.11]

## 4 Испытательное пространство

### 4.1 Общие положения

Испытательным пространством, пригодным для проведения измерений в соответствии с настоящим стандартом, может быть помещение или площадка на открытом воздухе, изолированные от внешнего фонового шума (4.2) и удовлетворяющие критериям по 4.3.

Испытания не следует проводить в условиях значительного нежелательного воздействия на применяемые в измерениях микрофоны (сильных электрических и магнитных полей, ветра, воздушных струй от испытуемого источника шума, высоких или низких температур). При оценке таких нежелательных воздействий следует руководствоваться инструкциями изготовителей средств измерений.

Если измерения выполняют на открытом воздухе, то принимают меры, чтобы минимизировать нежелательное воздействие атмосферных условий (температуры и влажности воздуха, ветра, осадков)

на излучение и распространение звука в диапазоне частот измерений, а также на фоновый шум в процессе измерений.

Если испытания проводят на высоте более 1500 м над уровнем моря, то в результаты измерений уровней звуковой мощности и звуковой энергии должны быть внесены поправки на атмосферные условия в соответствии с ISO 3744.

Если отражающая поверхность не является поверхностью земли или частью внутренней поверхности испытательного помещения, то следует убедиться, что эта поверхность не излучает значительный шум вследствие своей вибрации.

### 4.2 Требования к уровню фонового шума

Требования настоящего стандарта к фоновому шуму считают выполненными, если усредненные по точкам установки микрофонов или по траектории сканирования (см. 8.3.2) эквивалентные уровни звука для фонового шума будут ниже значения той же величины, измеренной в условиях действия фонового шума и работающего испытуемого источника шума, не менее чем на 3 дБ.

### 4.3 Требования к испытательному пространству

Метод расчета коррекции на свойства испытательного пространства $K_{2A}$, применяемой при отличии условий испытаний от идеальных, приведен в приложении А. Результаты измерений, выполненных в соответствии с настоящим стандартом, считают достоверными только при выполнении условия $K_{2A} \leq 7$ дБ.

Примечание 1 — Если $K_{2A}$ превышает 7 дБ, то можно обратиться к методам измерений, установленным в [6], [14] или [15].

Примечание 2 — В некоторых особых случаях горизонтальная поверхность испытательного пространства только частично является звукоотражающей (например, при испытаниях газонокосилок или землеройных машин некоторых типов). Тогда в соответствующем испытательном коде по шуму должны быть подробно описаны поверхность, на которую устанавливают машину при испытаниях, и возможное влияние выбора такой поверхности на неопределенность измерения.

## 5 Средства измерений

### 5.1 Общие положения

Если шум, производимый испытуемым источником, является постоянным, то допускается, чтобы измерительная система, включая микрофоны, соединительные кабели и ветрозащитные экраны, соответствовала требованиям к средствам измерений класса 2 по IEC 61672-1. Однако предпочтительным является использование средств измерений, удовлетворяющих требованиям к средствам измерений класса 1 по IEC 61672-1.

### 5.2 Калибровки

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

Калибровку акустического калибратора и проверку соответствия измерительной системы требованиям к средствам измерений по IEC 61672-1 выполняют периодически в специализированной лаборатории.

Рекомендуемый минимальный интервал между калибровками для акустических калибраторов составляет 1 год, для средств измерений по IEC 61672-1 — 2 года.

## 6 Расположение, установка и работа испытуемого источника шума

### 6.1 Общие положения

Способ установки испытуемого источника шума и условия его работы во время испытаний способны оказать существенное влияние на результаты измерений. Соблюдение требований настоящего

раздела позволит минимизировать изменчивость излучения шума источником, обусловленную способом его установки и условиями работы. При наличии испытательного кода по шуму, в котором подробно описаны условия размещения, установки и работы машин данного вида при их испытаниях, следует руководствоваться требованиями испытательного кода. Эти условия должны быть одними и теми же при измерении уровней звукового давления излучения и уровней звуковой мощности.

Для крупных машин необходимо определить, какие именно элементы (узлы, вспомогательные устройства, источники питания и т. п.) составляют неотъемлемую часть источника шума.

### 6.2 Вспомогательное оборудование

По возможности все вспомогательное оборудование, необходимое для работы источника шума во время испытаний, но не составляющее его неотъемлемую часть, следует разместить за пределами испытательного пространства. Если это трудновыполнимо, то принимают меры, чтобы максимально снизить акустический шум, излучаемый в испытательное пространство этим оборудованием. При невозможности ни удалить вспомогательное оборудование, ни существенно снизить его излучение в испытательное пространство это вспомогательное оборудование рассматривают как составную часть испытуемого источника шума и с его учетом определяют размеры огибающего параллелепипеда (см. 7.1).

### 6.3 Расположение испытуемого источника шума

Испытуемый источник шума устанавливают по отношению к звукоотражающей плоскости (плоскостям) таким же образом, как и при нормальном использовании в условиях применения. Испытуемый источник шума должен находиться на достаточном удалении от стен, потолка и других отражающих объектов, чтобы иметь возможность выполнить требования приложения А.

Типичные условия испытаний некоторых машин предусматривают две и более звукоотражающие поверхности (например, для машины, в условиях применения устанавливаемой напротив стены), свободное пространство (например, для грузоподъемного механизма) или вертикальную звукоотражающую плоскость с отверстием (чтобы звук распространялся по обе ее стороны). При размещении источника шума при испытаниях следует руководствоваться требованиями настоящего стандарта и соответствующего испытательного кода по шуму (при его наличии).

### 6.4 Условия установки

#### 6.4.1 Общие положения

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

При выборе способа установки испытуемого источника следует руководствоваться рекомендациями изготовителя, если только иное не установлено в испытательном коде по шуму для машин данного вида. Если типовых способов установки не существует или они не могут быть использованы в испытаниях, а также при наличии нескольких равноправных 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, не производящие существенного акустического излучения в низкочастотной области, могут при неподходящем выборе способа крепления передавать значительную низкочастотную вибрацию в опорную конструкцию, обладающую хорошей излучательной способностью в области низких частот. В этом случае рекомендуется использовать виброизолирующие прокладки между испытуемым источником шума и опорной конструкцией. При этом опорная конструкция должна быть весьма жесткой (т. е. иметь значительный входной механический импеданс), чтобы предотвратить возбуждение в ней чрезмерных колебаний с последующим излучением звука. Виброизолирующие прокладки используют, только если это предусмотрено типичными условиями применения источника шума.

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

#### 6.4.2 Ручные машины и оборудование

Ручную машину при испытаниях удерживают руками оператора или подвешивают таким образом, чтобы исключить передачу к ней вибрации через любые вспомогательные приспособления, не относящиеся к самой машине. Если источник шума для своей работы требует опору, то такая опора должна быть малых размеров и рассматриваться как часть испытуемого источника шума. Вид опоры описывают в испытательном коде по шуму (при его наличии).

#### 6.4.3 Машины настольные, настенные и устанавливаемые на основание

Машины данного вида устанавливают на отражающую (акустически жесткую) поверхность (пол или стену). Машины, которые в условиях применения устанавливают на специальное основание рядом со стеной, при испытаниях устанавливают на акустически жесткую поверхность перед акустически жесткой стеной. Испытуемый настольный станок или другое настольное оборудование устанавливают на пол на расстоянии не менее 1,5 м от стены испытательного помещения, если только стол или стенд не является необходимым элементом для нормальной работы машины согласно соответствующему испытательному коду по шуму. В последнем случае испытательный стол или стенд должны находиться на расстоянии не менее 1,5 м от любой звукопоглощающей поверхности испытательного пространства. Испытуемую машину устанавливают в центре стандартного испытательного стола.

Примечание — Пример испытательного стола приведен в [18].

### 6.5 Работа источника шума во время испытаний

На излучаемую источником звуковую мощность (звуковую энергию) могут влиять приложенная нагрузка, рабочая скорость и режим работы. По возможности источник испытывают в условиях, представительных с точки зрения максимального создаваемого им шума при его типичном использовании в условиях применения и, с другой стороны, обеспечивающих воспроизводимость результатов измерений. При наличии испытательного кода по шуму руководствуются установленными в нем требованиями к условиям работы источника во время испытаний, 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 измерений уровня звуковой мощности или звуковой энергии работа источника шума должна быть стабилизирована в заданном режиме, включая температурную стабилизацию источника питания и системы привода. Нагрузку, скорость и другие эксплуатационные характеристики в процессе испытаний поддерживают постоянными или циклически изменяют установленным образом.

Если акустическое излучение источника зависит от других факторов, таких как обрабатываемый материал, используемый вставной инструмент или влажность воздуха, то их выбирают таким образом, чтобы они соответствовали, насколько это возможно, типичным условиям применения и при этом обеспечивали наименьший разброс результатов измерений. Если испытания проводят с моделированием нагрузки, то ее выбирают так, чтобы производимый источником шум был представителен с точки зрения нормальных условий его применения.

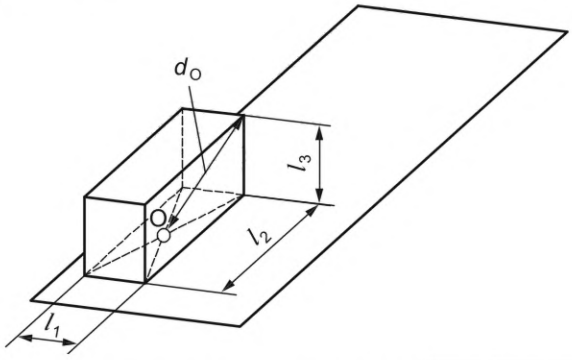
## 7 Огибающий параллелепипед и измерительная поверхность

### 7.1 Огибающий параллелепипед

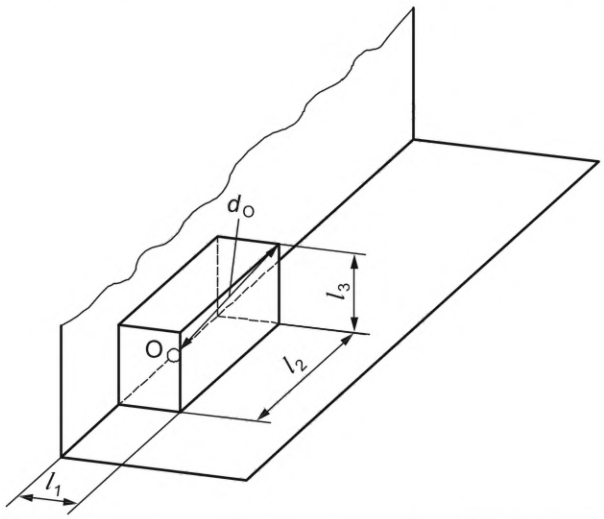
Форму и размеры измерительной поверхности выбирают исходя из формы и размеров огибающего параллелепипеда. Последний представляет собой воображаемую поверхность в виде прямоугольного параллелепипеда наименьших размеров, полностью вмещающего в себя испытуемый источник шума, за исключением, может быть, отдельных выступающих частей, про которые известно, что они не дают заметного вклада в излучаемый источником шум.

Положение огибающего параллелепипеда, измерительной поверхности и точек установки микрофонов определяют относительно системы координат, как показано на рисунке 1. Точка O начала координат является центром параллелепипеда, получаемого рядом зеркальных отражений относительно

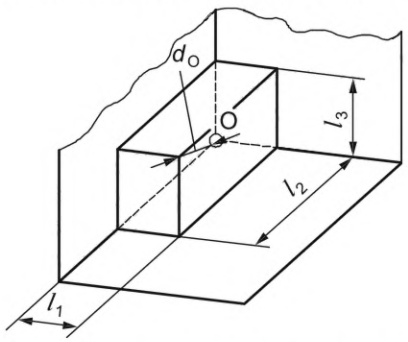
звукоотражающих плоскостей. Сначала отражают огибающий параллелепипед относительно первой (произвольно выбранной) звукоотражающей плоскости. Результатом является параллелепипед, образованный огибающим параллелепипедом и его отражением. После этого процедуру повторяют отражениями параллелепипеда, полученного на предыдущем шаге, относительно второй, а затем третьей звукоотражающей плоскости (при их наличии). Оси *x* и *y* системы координат лежат в плоскости горизонтальной звукоотражающей плоскости и параллельны соответствующим ребрам огибающего параллелепипеда. На рисунке 1 показан характеристический размер источника $d_O$, используемый при определении размеров измерительной поверхности, для огибающих параллелепипедов в случае одной, двух и трех звукоотражающих плоскостей.




a) Одна звукоотражающая плоскость, $d_O = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}$




b) Две звукоотражающие плоскости, $d_O = \sqrt{l_1^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}$




c) Три звукоотражающие плоскости, $d_O = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2}$

$d_O$ — характеристический размер источника; $l_1$, $l_2$, $l_3$ — ширина, длина и высота огибающего параллелепипеда; O — начало координат

Рисунок 1 — Огибающий параллелепипед для случаев одной, двух и трех звукоотражающих плоскостей

### 7.2 Измерительная поверхность

#### 7.2.1 Общие положения

Измерительная поверхность представляет собой воображаемую поверхность площади $S$, охватывающую огибающий параллелепипед и пересекающую все звукоотражающие плоскости, на которой лежат точки измерений (места установки микрофонов) или траектории сканирования. Измерительная поверхность может быть следующих видов:

a) полусфера, половина полусферы или четверть полусферы с измерительным радиусом $r$ (см. приложение B);

b) прямоугольный параллелепипед, грани которого параллельны соответствующим граням огибающего параллелепипеда и отстоят от них на измерительное расстояние $d$ (см. приложение C),

Примечание — Допускается использовать другие измерительные поверхности и точки измерений, например по ISO 3744, если при этом обеспечивается повышенная точность измерений.

Для источника шума, устанавливаемого на подходящей плоской площадке на открытом воздухе (см. раздел 4), обычно выбирают большее измерительное расстояние и полусферическую измерительную поверхность. Для источника, устанавливаемого в испытательном пространстве с неблагоприятными акустическими условиями (например, содержащем звукоотражающие объекты или фоновый шум высокого уровня), приходится выбирать меньшее измерительное расстояние и измерительную поверхность в виде параллелепипеда.

Если предполагается проведение испытаний для серии однотипных источников шума (например, машин одного типа или одного вида, близких по размерам), то для них используют одну и ту же измерительную поверхность.

#### 7.2.2 Ориентация микрофонов

Микрофоны на измерительной поверхности устанавливают таким образом, чтобы их рабочие оси (по IEC 61672-1) были перпендикулярны к измерительной поверхности.

Примечание — Обычно у микрофонов, предназначенных для измерений в свободном звуковом поле, рабочая ось совпадает с продольной осью корпуса микрофона (с предусилителем). Для микрофонов, предназначенных для измерений в диффузном поле, рабочая ось перпендикулярна к продольной оси корпуса микрофона.

#### 7.2.3 Полусферическая измерительная поверхность

Центр полусферической измерительной поверхности должен совпадать с началом координат O (см. рисунок 1). Измерительный радиус $r$ должен быть не менее удвоенного характеристического размера $d_O$, не менее 1 м и не более 16 м.

Для источников шума малых размеров допускается, чтобы измерительный радиус был менее 1 м, но не менее 0,5 м.

Если радиус полусферической поверхности $r$ оказывается настолько большим, что не выполняются требования раздела 4 к испытательному пространству, то используют измерительную поверхность в виде параллелепипеда или комбинированную измерительную поверхность на основе параллелепипеда.

При наличии только одной звукоотражающей плоскости измерительная поверхность представляет собой полную полусферу площадью $S = 2\pi r^2$ (см. 8.3.5 и 8.4.4). Если испытуемый источник шума устанавливают у стены, то измерительная поверхность представляет собой половину полусферы и имеет площадь $S = 2\pi r^2$. Если источник шума устанавливают в углу испытательного помещения, то измерительная поверхность представляет собой четверть полусферы, а ее площадь равна $S = 2\pi r^2/2$.

#### 7.2.4 Измерительная поверхность в виде параллелепипеда

Параллелепипед, на поверхности которого проводят измерения, должен быть ориентирован относительно точки O так же, как и огибающий параллелепипед. Измерительное расстояние $d$ должно быть не менее 0,15 м, но по возможности следует выбирать его равным 1 м и более.

При наличии только одной звукоотражающей плоскости площадь $S$ измерительной поверхности рассчитывают по формуле

$$S = 4(ab + bc + ca), \tag{7}$$

где $a = 0{,}5l_1 + d$;

$b = 0{,}5l_2 + d$;

$c = l_3 + d$;

$l_1$, $l_2$, $l_3$ — длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно.

Если испытуемый источник шума устанавливают у стены (см. рисунок С.7), то измерительная поверхность имеет площадь, рассчитываемую по формуле

$$S = 2(2ab + bc + 2ca), \quad (8)$$

где $a = 0{,}5l_1 + 0{,}5d$;

$b = 0{,}5l_2 + d$;

$c = l_3 + d$;

$l_1$ — длина огибающего параллелепипеда, определяемая по ребру, перпендикулярному к поверхности стены;

$l_2$, $l_3$ — ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно.

Если источник шума устанавливают в углу испытательного помещения (см. рисунок С.8), то площадь измерительной поверхности рассчитывают по формуле

$$S = 2(2ab + bc + ca), \quad (9)$$

где $a = 0{,}5l_1 + 0{,}5d$;

$b = 0{,}5l_2 + 0{,}5d$;

$c = l_3 + d$;

$l_1$, $l_2$ — соответственно длина и ширина огибающего параллелепипеда, определяемые по ребрам, перпендикулярным к поверхностям образующих угол стен;

$l_3$ — высота огибающего параллелепипеда.

## 8 Измерения уровней звуковой мощности и звуковой энергии

### 8.1 Коррекция на свойства испытательного пространства

Вначале определяют коррекцию на свойства испытательного пространства $K_{2A}$ согласно приложению А.

### 8.2 Расположение микрофонов на измерительной поверхности

#### 8.2.1 Полусферическая измерительная поверхность

Если испытуемый источник шума расположен над одной звукоотражающей плоскостью, то микрофоны устанавливают в четырех точках измерений с номерами 4, 5, 6 и 10 (см. рисунки В.1 и В.2), координаты которых указаны в таблице В.1.

Если испытуемый источник шума расположен рядом с двумя звукоотражающими плоскостями, то микрофоны устанавливают в трех точках измерений с номерами 14, 15 и 18, как указано в таблице В.2 (см. рисунок В.3).

Если испытуемый источник шума расположен рядом с тремя звукоотражающими плоскостями, то микрофоны устанавливают в трех точках измерений с номерами 14, 21 и 22, как указано в таблице В.3 (см. рисунок В.4).

Кроме того, используют дополнительные точки измерений, если разность между максимальным и минимальным значениями уровня звука (в децибелах), полученными в результате измерений в основных точках в соответствии с 8.3.1, численно вдвое и более превышает число точек измерений.

В качестве дополнительных точек измерений используют точки с номерами 14, 15, 16, и 20 по таблице В.1 и на рисунке В.2. Как вариант допускается проводить дополнительные измерения, не изменяя положение микрофонов, но последовательно поворачивая испытуемый источник шума с шагом 60°.

Если испытуемый источник излучает шум преимущественно в одном направлении или, имея большие размеры, излучает шум только через элементы относительно малых размеров, то следует рассмотреть возможность увеличения точек измерений в направлении(ях) максимального излучения, используя для этого методы по ISO 3744.

**8.2.2 Измерительная поверхность в виде параллелепипеда**

Число микрофонов и места их установки или траектории сканирования зависят от размеров огибающего параллелепипеда $l_1$, $l_2$ и $l_3$, а также измерительного расстояния $d$. Руководство по определению числа и места точек измерений приведено в приложении С.

Кроме того, используют дополнительные точки измерений, если разность между максимальным и минимальным значениями уровня звука (в децибелах), полученными в результате измерений в основных точках в соответствии с 8.3.1, численно вдвое и более превышает число точек измерений.

Число точек измерений (и соответствующих им участков измерительной поверхности равной площади) должно быть увеличено так, как показано на рисунке С.1.

Если испытуемый источник излучает шум преимущественно в одном направлении или, имея большие размеры, излучает шум только через элементы относительно малых размеров, то следует рассмотреть возможность увеличения точек измерений в направлении(ях) максимального излучения, используя для этого методы по ISO 3744.

**8.2.3 Уменьшение числа точек измерений**

Число точек измерений может быть уменьшено, если предварительными исследованиями для источника шума данного вида установлено, что результат измерения усредненного по измерительной поверхности уровня звукового давления с использованием меньшего числа точек будет отличаться от измеренного с использованием всех точек в соответствии с 8.2.1 и 8.2.2 не более чем на 1 дБ. Такое может иметь место, например, если звуковое поле излучения обладает симметрией.

Примечание — По соображениям безопасности наиболее высоко расположенные на измерительной поверхности точка или точки измерений могут быть исключены, если это предусмотрено соответствующим испытательным кодом по шуму.

**8.3 Определение уровня звуковой мощности**

**8.3.1 Измерения эквивалентного уровня звука**

В каждой точке установки микрофона измеряют эквивалентный уровень звука испытуемого источника шума $L'_{pAi(ST)}$, $i = 1, 2, \ldots, N_M$, для каждого выбранного в соответствии с 6.5 режима работы источника. При задании продолжительности измерений следует учитывать характер создаваемого источником шума. Продолжительность измерений должна быть не менее 10 с, если иное не указано в испытательном коде по шуму для машин данного вида.

Непосредственно до или сразу после измерений $L'_{pAi(ST)}$ в тех же точках измеряют эквивалентный уровень звука для фонового шума $L_{pAi(B)}$ при той же продолжительности измерений.

**8.3.2 Вычисление среднего по измерительной поверхности эквивалентного уровня звука**

Результаты измерений уровней звука для испытуемого источника и фонового шума полежат усреднению, как показано ниже.

Критерий соответствия условий измерения требованиям к фоновому шуму — в соответствии с 4.2.

В случае, когда точкам установки микрофонов соответствуют участки измерительной поверхности равной площади, средний по измерительной поверхности эквивалентный уровень звука испытуемого источника шума, работающего в заданном режиме, $\overline{L'_{pA(ST)}}$, дБ, вычисляют по формуле

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

где $L'_{pAi(ST)}$ — полученное значение эквивалентного уровня звука в $i$-й точке установки микрофона или для $i$-й траектории сканирования при работающем испытуемом источнике шума, дБ.

$N_M$ — число точек установки микрофонов или траекторий сканирования.

Средний по измерительной поверхности эквивалентный уровень звука для фонового шума $\overline{L_{pA(B)}}$, дБ, вычисляют по формуле

$$\overline{L_{pA(B)}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N_M} \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_{pAi(B)}} \right], \quad (11)$$

где $L_{pAi(B)}$ — полученное значение эквивалентного уровня звука для фонового шума в $i$-й точке установки микрофона или для $i$-й траектории сканирования, дБ;

$N_M$ — число точек установки микрофонов или траекторий сканирования.

Если согласно 8.2.1 или 8.2.2 используются дополнительные точки для более подробного описания звукового поля на отдельных участках измерительной поверхности, то усреднение по измерительной поверхности выполняют согласно ISO 3744.

**8.3.3 Определение коррекции на фоновый шум**

Коррекцию на фоновый шум $K_{1A}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$K_{1A} = -10 \lg\left(1 - 10^{-0,1\Delta L_{pA}}\right), \quad (12)$$

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

$\overline{L'_{pA(ST)}}$ — средний по измерительной поверхности эквивалентный уровень звука при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$\overline{L_{pA(B)}}$ — средний по измерительной поверхности эквивалентный уровень звука для фонового шума, дБ.

Если $\Delta L_{pA} \geq 10$ дБ, то $K_{1A}$ полагают равным нулю и поправку на фоновый шум не вносят.

Коррекцию $K_{1A}$, рассчитанную по формуле (12), используют, если 3 дБ $\leq \Delta L_{pA} < 10$ дБ.

Если $\Delta L_{pA} < 3$ дБ, то это приводит к снижению точности измерений. В этом случае коррекцию $K_{1A}$ принимают равной 3 дБ (соответствует $\Delta L_{pA} = 3$ дБ) и в тексте протокола испытаний, в табличном или графическом представлении результатов измерений указывают, что приведенные данные представляют собой оценку уровня звуковой мощности источника шума сверху.

**8.3.4 Расчет эквивалентного уровня звука по измерительной поверхности**

Эквивалентный уровень звука по поверхности $\overline{L_{pA}}$, дБ, получают, внося поправки на фоновый шум $K_{1A}$, дБ (см. 8.3.3), и на свойства испытательного пространства $K_{2A}$, дБ [см. формулу (А.1)], в значение $\overline{L'_{pA(ST)}}$ по формуле

$$\overline{L_{pA}} = \overline{L'_{pA(ST)}} - K_{1A} - K_{2A} \quad (13)$$

**8.3.5 Расчет уровня звуковой мощности**

Корректированный по А уровень звуковой мощности $L_{WA}$, дБ, для атмосферных условий, имевших место во время испытаний, вычисляют по формуле

$$L_{WA} = \overline{L_{pA}} + 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (14)$$

где $\overline{L_{pA}}$ — эквивалентный уровень звука по измерительной поверхности, дБ;

$S$ — площадь измерительной поверхности, м$^2$;

$S_0 = 1$ м$^2$.

**8.4 Определение уровня звуковой энергии**

**8.4.1 Измерения уровня экспозиции отдельного шумового события**

В каждой точке установки микрофона измеряют уровень экспозиции отдельного шумового события с коррекцией по частотной характеристике А, создаваемого испытуемым источником шума, $L'_{EAi(ST)}$, $i = 1, 2, \ldots, N_M$. Измерения проводят один раз на интервале времени, когда отдельное шумовое событие повторяется $N_e$ раз, либо $N_e$ раз для отдельных шумовых событий, $N_e \geq 5$. Измерения проводят одновременно во всех точках установки микрофонов на периоде, включающем в себя все отдельное шумовое событие полностью. Сканирование микрофоном при измерениях уровней экспозиции отдельного шумового события не применяют.

Примечание — Требование одновременности измерений во всех точках может быть ослаблено, если отдельное шумовое событие обладает хорошей повторяемостью.

Непосредственно до или сразу после измерений $L'_{EAi(ST)}$ в тех же точках измеряют эквивалентный уровень звукового давления фонового шума $L_{pAi(B)}$ при той же продолжительности измерений.

**8.4.2 Определение коррекции на фоновый шум**

Коррекцию на фоновый шум $K_{1A}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$K_{1A} = -10\lg\left(1-10^{-0,1\Delta L_{EA}}\right), \tag{15}$$

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

$\overline{L'_{EA(ST)}}$ — средний по измерительной поверхности уровень экспозиции отдельного шумового события с коррекцией по частотной характеристике A при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$\overline{L_{pA(B)}}$ — средний по измерительной поверхности эквивалентный уровень звука для фонового шума, дБ.

Время интегрирования $T = t_1 - t_2$ и другие параметры измерений при определении $L_{pA(B)}$ должны быть теми же, что и при определении $L'_{EA(ST)}$.

Если $\Delta L_{EA} \geq 10$ дБ, то $K_{1A}$ полагают равным нулю и поправку на фоновый шум не вносят.

Коррекцию $K_{1A}$, рассчитанную по формуле (15), используют, если 3 дБ $\leq \Delta L_{EA} \leq$ 10 дБ.

Если $\Delta L_{EA} <$ 3 дБ, то это приводит к снижению точности измерений. В этом случае коррекцию $K_{1A}$ принимают равной 3 дБ (соответствует $\Delta L_{EA}$ = 3 дБ) и в тексте протокола испытаний, в табличном или графическом представлении результатов измерений указывают, что приведенные данные представляют собой оценку уровня звуковой энергии источника шума сверху.

**8.4.3 Вычисление среднего по измерительной поверхности уровня экспозиции отдельного шумового события**

Если эквивалентные уровни звукового давления отдельного шумового события измеряют $N_e$ раз для каждого события в $i$-й точке установки микрофона, то средний по этим измерениям уровень экспозиции отдельного шумового события $L'_{EAi(ST)}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$L'_{EAi(ST)} = 10\lg\left[\frac{1}{N_e}\sum_{q=1}^{N_e}10^{0,1L'_{EAi,q(ST)}}\right], \tag{16}$$

где $L'_{EAi,q(ST)}$ — полученное в $q$-м измерении ($q$ = 1, 2, … , $N_e$) значение корректированного по A уровня экспозиции отдельного шумового события в $i$-й точке установки микрофона при работающем испытуемом источнике шума, дБ;

$N_e$ — число измерений отдельного шумового события.

Если уровень экспозиции отдельного шумового события был измерен в $i$-й точке установки микрофона один раз для последовательности, включающей $N_e$ событий, то значение $L'_{EAi(ST)}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$L'_{EAi(ST)} = L'_{EAi,N_e(ST)} - 10\lg N, \tag{17}$$

где $L'_{EAi,N_e(ST)}$ — полученное значение корректированного по A уровня экспозиции отдельного шумового события в $i$-й точке установки микрофона при работающем испытуемом источнике шума по измерениям последовательности, включающей $N_e$ отдельных шумовых событий, дБ;

$N_e$ — число отдельных шумовых событий в измеряемой последовательности.

Полученные в результате измерений в разных точках измерительной поверхности значения уровня экспозиции отдельного шумового события $L'_{EAi(ST)}$, дБ, усредняют для получения $\overline{L'_{EA(ST)}}$, дБ, тем же способом, что и в 8.3.2.

Уровень экспозиции отдельного шумового события по поверхности $\overline{L_{EA}}$, дБ, получают, внося поправки на фоновый шум $K_{1A}$, дБ (см. 8.3.3), и на свойства испытательного пространства $K_{2A}$, дБ [см. формулу (А.1)], в значение $\overline{L'_{EA(ST)}}$ по формуле

$$\overline{L_{EA}} = \overline{L'_{EA(ST)}} - K_{1A} - K_{2A}. \quad (18)$$

### 8.4.4 Расчет уровня звуковой энергии

Корректированный по А уровень звуковой энергии $L_{JA}$, дБ, для атмосферных условий, имевших место во время испытаний, вычисляют по формуле

$$L_{JA} = \overline{L_{EA}} + 10 \lg \frac{S}{S_0}, \quad (19)$$

где $\overline{L_{EA}}$ — уровень экспозиции отдельного шумового события по измерительной поверхности, дБ;

$S$ — площадь измерительной поверхности, м$^2$;

$S_0$ = 1 м$^2$.

## 9 Неопределенность измерения

### 9.1 Методология

Стандартные неопределенности для корректированного по А уровня звуковой мощности $u(L_{WA})$, дБ, и корректированного по А уровня звуковой энергии $u(L_{JA})$, дБ, определяют в соответствии с настоящим стандартом как общее стандартное отклонение:

$$u(L_{WA}) = u(L_{JA}) = \sigma_{tot}. \quad (20)$$

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

Тогда стандартное отклонение $\sigma_{tot}$ определяют через стандартное отклонение воспроизводимости $\sigma_{R0}$ и стандартное отклонение $\sigma_{omc}$, характеризующее нестабильность условий работы и установки испытуемого источника шума, по формуле

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_{R0}^2 + \sigma_{omc}^2}. \quad (21)$$

Из формулы (21) видно, что прежде, чем выбрать метод измерений заданного класса точности (характеризуемого $\sigma_{R0}$) для данного семейства машин, необходимо учесть возможный разброс результатов, обусловленный изменениями условий работы и установки этих машин (см. 9.5 и D.3).

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

Расширенную неопределенность $U$ определяют через стандартное отклонение $\sigma_{tot}$ по формуле

$$U = k\sigma_{tot}, \quad (22)$$

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 $[L_{WA} - U]$ до $[L_{WA} + U]$ для корректированного по А уровня звуковой мощности или от $[L_{JA} - U]$ до $[L_{JA} + U]$ для корректированного по А уровня звуковой энергии будет соответствовать 95 % площади под кривой плотности распределения случайной величины.

Если полученное в результате измерений значение корректированного по А уровня звуковой мощности (звуковой энергии) предполагается сопоставить с неким предельным значением, то иногда более

уместным может быть рассмотрение одностороннего интервала охвата от $L_{WA}$ до [$L_{WA}$ + $U$] (от $L_{JA}$) до [$L_{JA}$ + $U$]) для указанной случайной величины. Тогда при том же уровне доверия 95 % значение коэффициента охвата будет равно $k$ = 1,6.

### 9.2 Определение $\sigma_{omc}$

Стандартное отклонение $\sigma_{omc}$ [см. формулу (D.1)], характеризующее неопределенность, связанную с нестабильностью воспроизведения условий работы и установки источника шума, может давать существенный вклад в неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии). Для получения оценки $\sigma_{omc}$ можно провести отдельную серию повторных измерений для одного и того же источника шума в одном и том же месте установки одним и тем же испытателем, используя при этом одну и ту же измерительную систему и одну и ту же точку(и) измерений. Повторные измерения проводят в отношении $L'_{pi(ST)}$ в точке измерений, где значение этой величины максимально, или в отношении $\overline{L'_{p(ST)}}$. К полученным результатам применяют коррекцию на фоновый шум. Перед каждым повторным измерением испытуемый источник шума устанавливают заново и заново устанавливают необходимый режим работы. Если испытания проводят для единственного экземпляра источника шума, то полученное по повторным измерениям выборочное стандартное отклонение обозначают $\sigma'_{omc}$. В соответствующем испытательном коде по шуму может быть приведена оценка $\sigma_{omc}$ 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 сами измерения проведены правильно, то величине $\sigma_{omc}$ можно приписать значение 0,5 дБ. В других случаях, например когда на звук, производимый испытуемым источником шума, существенное влияние оказывает потребляемый или производимый материал, а также при непредсказуемых изменениях в потреблении или производстве этого материала, подходящей оценкой величине $\sigma_{omc}$ 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 $\sigma_{R0}$

#### 9.3.1 Общие положения

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

Обобщение накопленного к данному времени опыта испытаний позволило установить оценки $\sigma_{R0}$, которые приведены в таблице 1. Эти оценки можно рассматривать как оценки сверху для большинства машин и оборудования, на которое распространяется настоящий стандарт. Для машин конкретного вида могут быть получены свои оценки путем проведения межлабораторного эксперимента (см. 9.3.2) или путем использования математического моделирования (см. 9.3.3). Такие оценки приводят в испытательных кодах по шуму для машин конкретных видов (см. 9.2 и приложение D).

#### 9.3.2 Межлабораторный эксперимент

Межлабораторный эксперимент для определения $\sigma_{R0}$ проводят в соответствии с ISO 5725, когда уровни звуковой мощности источника шума определяют в условиях воспроизводимости, т. е. с участием разных специалистов, проводящих измерения в разных положениях источника шума разными средствами измерений. Такой эксперимент позволяет получить оценку $\sigma'_{tot}$ стандартного отклонения для источника шума, рассылаемого лабораториям — участникам эксперимента. Предполагается, что в таком эксперименте будет обеспечена вариативность всех существенных факторов, которые могут оказать влияние на результат измерений звуковой мощности данного источника шума.

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

$$\sigma'_{R0} = \sqrt{\sigma'^{2}_{tot} - \sigma'^{2}_{omc}}. \quad (23)$$

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

Если межлабораторный эксперимент проведен не был, то для реалистичной оценки $\sigma_{R0}$ используют накопленные знания об измерениях шума машин данного вида.

Иногда затраты на проведение межлабораторного эксперимента можно сократить, убрав требование проведения измерений в разных положениях источника шума. Это можно сделать, например, если источник шума обычно устанавливают в условиях, когда коррекции на фоновый шум $K_1$ и свойства испытательного пространства $K_2$ невелики или если целью испытаний является подтверждение шумовой характеристики машины при ее работе в заданном положении. Оценку, полученную в таких условиях ограниченной вариативности, обозначают $\sigma_{R0,DL}$, и она может быть использована также в испытаниях крупногабаритных, стационарно устанавливаемых машин. Следует ожидать, что полученные значения $\sigma_{R0,DL}$ будут ниже приведенных в таблице 1.

Оценки $\sigma_{R0}$, полученные по формуле (23), будут обладать низкой достоверностью, если $\sigma_{tot}$ лишь незначительно превышает $\sigma_{omc}$. Оценки $\sigma_{R0}$ будут достаточно надежными только в том случае, если $\sigma_{omc}$ не превышает $\sigma_{tot}/\sqrt{2}$.

### 9.3.3 Расчет $\sigma_{R0}$ на основе математической модели

Обычно $\sigma_{R0}$ зависит от нескольких факторов, дающих вклады $c_i u_i$ ($i$ = 1, 2, … , $n$) в общую неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии) (см. D.4.2). 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 $\sigma_{R0}$ можно представить в виде (см. ISO/IEC Guide 98-3)

$$\sigma_{R0} \approx \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + \ldots + (c_n u_n)^2}. \quad (24)$$

В формулу (24) не входят неопределенности, связанные с нестабильностью излучения источника (поскольку они учтены в $\sigma_{omc}$). Источники неопределенности, дающие вклад в общую неопределенность измерения уровня звуковой мощности (звуковой энергии), рассматриваются в приложении D.

Примечание — Если источники неопределенности, входящие в модель измерений, коррелированы, то формулу (24) применять нельзя. Кроме того, расчет на основе математической модели требует дополнительной информации, чтобы определить вклады $c_i u_i$ всех составляющих в формуле (24).

В противоположность этому оценки $\sigma_{R0}$, получаемые в результате межлабораторных экспериментов, не требуют каких-либо дополнительных предположений о возможной корреляции источников неопределенности, входящих в формулу (24). Оценки межлабораторных экспериментов в общем случае являются более устойчивыми, чем полученные на основе математических моделей. Однако проведение межлабораторных экспериментов не всегда осуществимо с практической точки зрения, и зачастую их приходится заменять обобщением опыта прошлых измерений.

## 9.4 Типичные оценки $\sigma_{R0}$

В таблице 1 приведены типичные оценки сверху стандартного отклонения $\sigma_{R0}$ для ориентировочных методов измерения шума, которые могут применяться для большинства измерений, проводимых в соответствии с настоящим стандартом (см. [27], [28]). 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 $\sigma_{R0}$ должно быть меньше значений, приведенных в таблице 1, для уточнения оценки $\sigma_{R0}$ рекомендуется проведение межлабораторного эксперимента.

Таблица 1 — Типичные оценки сверху $\sigma_{R0}$ для измерений корректированных по А уровней звуковой мощности (звуковой энергии), проводимых в соответствии с настоящим стандартом

| Характеристика источника шума | Стандартное отклонение воспроизводимости $\sigma_{R0}$, дБ |
|---|---|
| Источник шума, не содержащего значительных тональных составляющих | 3 |
| Источник шума, содержащего значительные тональные составляющие | 4 |

### 9.5 Стандартное отклонение $\sigma_{tot}$ и расширенная неопределенность *U*

Стандартное отклонение $\sigma_{tot}$ и расширенную неопределенность *U* рассчитывают по формулам (21) и (22) соответственно.

***Пример — В результате измерений ориентировочным методом (класс точности 3) получено $L_{WA}$ = 82 дБ при $\sigma_{omc}$ = 2,0 дБ. Межлабораторный эксперимент с целью определения $\sigma_{R0}$ для машин данного вида не проводился, поэтому использовано значение $\sigma_{R0}$ из таблицы 1 ($\sigma_{R0}$ = 3 дБ). По формулам (21) и (22) с использованием k = 2 получаем $U = 2\sqrt{3^2 + 2^2} = 7,2$(дБ).***

Дополнительные примеры расчета $\sigma_{tot}$ приведены в разделе D.3.

Примечание — Расширенная неопределенность, определяемая по формуле (22), не включает в себя стандартное отклонение производства, использованное в [7] в целях определения и декларирования шумовой характеристики для партии машин.

## 10 Регистрируемая информация

### 10.1 Общие положения

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

### 10.2 Испытуемый источник шума

Приводят следующие 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) расположение (расположения) источника шума в испытательном пространстве во время испытаний.

### 10.3 Испытательное пространство

Приводят следующие сведения:

a) описание испытательного пространства:

1) если испытания проводят в помещении — тип здания; конструкция и покрытие стен, пола и потолка; схема с указанием расположения испытуемого источника шума и других предметов в помещении,

2) если испытания проводят на открытом воздухе — описание звукоотражающей плоскости и прилегающей территории; схема с указанием расположения испытуемого источника шума,

3) описание дополнительных звукоотражающих поверхностей (стен);

b) результаты проверки пригодности испытательного пространства, выполненной в соответствии с приложением А.

### 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 подтверждения соответствия измерительной системы требованиям по 5.2;

c) характеристики ветрозащитного экрана микрофона (при его применении).

### 10.5 Результаты измерений

Приводят следующие сведения:

a) размеры огибающего параллелепипеда $l_1$, $l_2$ и $l_3$, форму измерительной поверхности, измерительный радиус или измерительное расстояние *d*;

b) расположение точек измерений или траекторий сканирования микрофоном (с приложением при необходимости схем) с указанием связанных с ними участков измерительной поверхности неравной площади.

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

c) все результаты измерений эквивалентных уровней звука (уровней экспозиции отдельного шумового события) для испытуемого источника шума и для фонового шума;

d) коррекцию(и), в децибелах, на фоновый шум;

e) коррекцию(и), в децибелах, на свойства испытательного пространства с указанием метода ее определения согласно приложению А;

f) средние по измерительной поверхности эквивалентные уровни звукового давления (уровни экспозиции отдельного шумового события), в децибелах, для испытуемого источника шума и для фонового шума;

g) корректированные по А уровни звуковой мощности (звуковой энергии), в децибелах, округленные с точностью до 0,1 дБ. Дополнительно возможно представление данных характеристик в графическом виде.

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

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

i) дату и время проведения измерений.

## 11 Протокол испытаний

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

## Приложение А
## (обязательное)

## Определение коррекции на свойства испытательного пространства

Метод, рассматриваемый в настоящем приложении, применим только для испытательных помещений, длина и ширина которых не превышают утроенную высоту потолка.

Примечание — Допускается также применение процедур в соответствии с ISO 3744.

В соответствии с данным методом коррекцию на свойства испытательного пространства $K_{2A}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$K_{2A} = 10\lg\left[1 + 4\frac{S}{A}\right], \quad (A.1)$$

где $A$ — эквивалентная площадь звукопоглощения испытательного помещения, м$^2$;

$S$ — площадь измерительной поверхности, м$^2$.

Чтобы учесть акустические свойства испытательного пространства, в формулу (А.1) подставляют значение эквивалентной площади звукопоглощения $A$, м$^2$, рассчитанное по формуле

$$A = \alpha S_V, \quad (A.2)$$

где α — средний коэффициент звукопоглощения, взятый из таблицы А.1;

$S_V$ — общая площадь внутренних поверхностей испытательного помещения (пола, стен и потолка), м$^2$.

Таблица А.1 — Приближенные значения среднего коэффициента звукопоглощения α

| Средний коэффициент звукопоглощения α | Описание помещения |
|---|---|
| 0,05 | Практически пустое помещение с гладкими жесткими стенами из бетона, кирпича, оштукатуренные или покрытые облицовочной плиткой |
| 0,10 | Частично заполненное помещение; помещение с гладкими стенами |
| 0,15 | Помещение с обстановкой, машинный зал или производственное помещение почти кубической формы |
| 0,20 | Помещение с обстановкой, машинный зал или производственное помещение, форма которых значительно отличается от кубической |
| 0,25 | Помещение с мягкой мебелью, машинный зал или производственное помещение, потолок или стены которых частично покрыты звукопоглощающим материалом |
| 0,30 | Помещение со звукопоглощающим покрытием потолка, но не стен |
| 0,35 | Помещение со звукопоглощающими покрытиями потолка и стен |
| 0,50 | Помещение, потолок и стены которого покрыты с применением большого количества звукопоглощающего материала |

**Приложение В**
**(обязательное)**

## Точки измерений на полусферической измерительной поверхности

### В.1 Основные и дополнительные точки измерений

Четыре основные точки установки микрофонов с номерами 4, 5, 6 и 10, которым соответствуют участки измерительной поверхности равной площади, показаны на рисунках В.1 и В.2. Их координаты в системе координат, определенной в 7.1, указаны в таблице В.1. Четыре дополнительные точки измерений с номерами 14, 15, 16 и 20 показаны на рисунке В.2. Их координаты приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Точки измерений для источника шума над звукоотражающей плоскостью (*r* — радиус полусферической измерительной поверхности)

| Номер точки | *x*/*r* | *y*/*r* | *z*/*r* |
|---|---|---|---|
| 4 | −0,45 | 0,77 | 0,45 |
| 5 | −0,45 | −0,77 | 0,45 |
| 6 | 0,89 | 0 | 0,45 |
| 10 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | 0,45 | −0,77 | 0,45 |
| 15 | 0,45 | 0,77 | 0,45 |
| 16 | –0,89 | 0 | 0,45 |
| 20 | 0 | 0 | 1 |
| Примечание — Координаты точек 10 и 20 вверху полусферы совпадают. Их можно опустить, если это указано в соответствующем испытательном коде. | | | |

Примечание — Точки измерений, указанные в таблице В.1, совпадают с соответствующими точками, указанными в ISO 3744 для испытаний источников широкополосного шума.

### В.2 Точки измерений для источников шума, устанавливаемых рядом с двумя звукоотражающими плоскостями

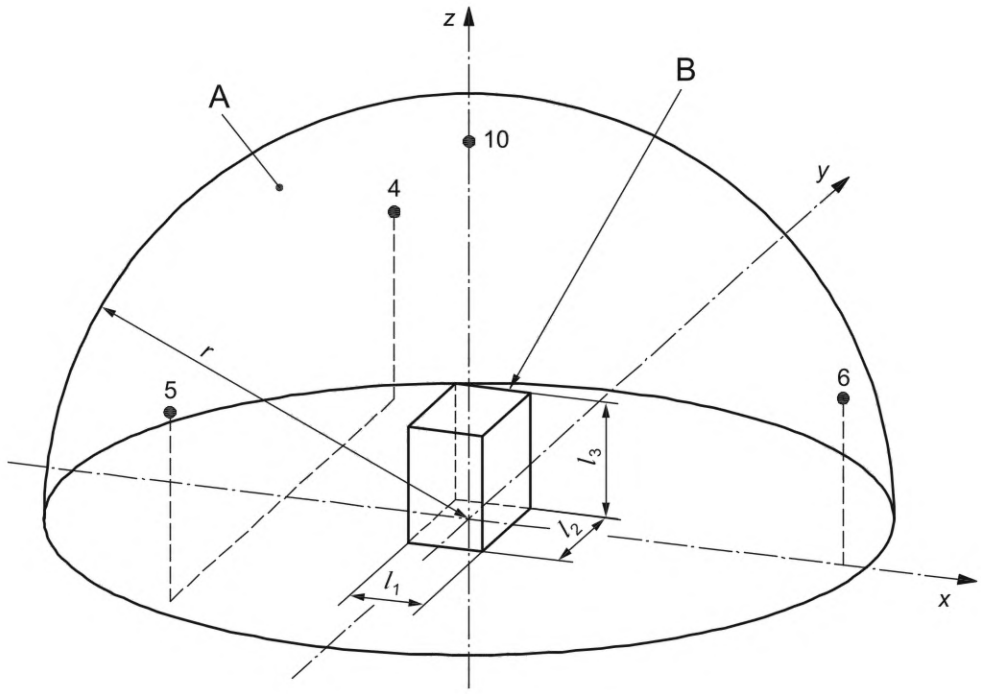
Точки измерений на измерительной поверхности в случае установки источника шума рядом с двумя звукоотражающими плоскостями имеют номера 14, 15 и 18 и показаны на рисунке В.3. Координаты этих точек указаны в таблице В.2. Радиус *r* измерительной поверхности должен быть не менее 3 м.

### В.3 Точки измерений для источников шума, устанавливаемых рядом с тремя звукоотражающими плоскостями

Точки измерений на измерительной поверхности в случае установки источника шума рядом с тремя звукоотражающими плоскостями имеют номера 14, 21 и 22 и показаны на рисунке В.4. Координаты этих точек указаны в таблице В.2. Радиус *r* измерительной поверхности должен быть не менее 3 м.

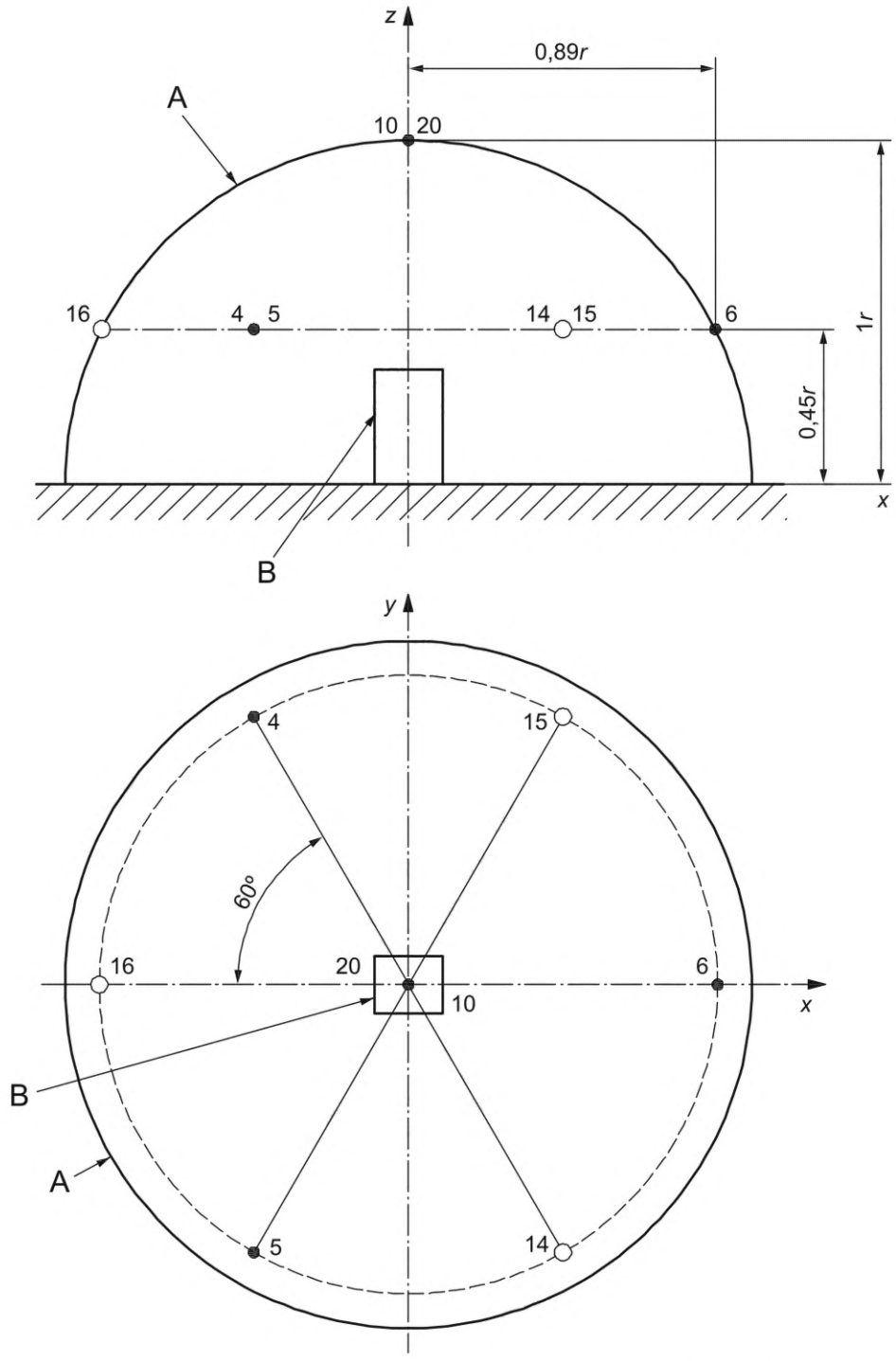
Таблица В.2 — Точки измерений для источников, устанавливаемых рядом с двумя или тремя звукоотражающими плоскостями

| Номер точки | *x*/*r* | *y*/*r* | *z*/*r* |
|---|---|---|---|
| 14 | 0,45 | − 0,77 | 0,45 |
| 15 | 0,45 | 0,77 | 0,45 |
| 18 | 0,66 | 0 | 0,75 |
| 21 | 0,77 | −0,45 | 0,45 |
| 22 | 0,47 | −0,47 | 0,75 |



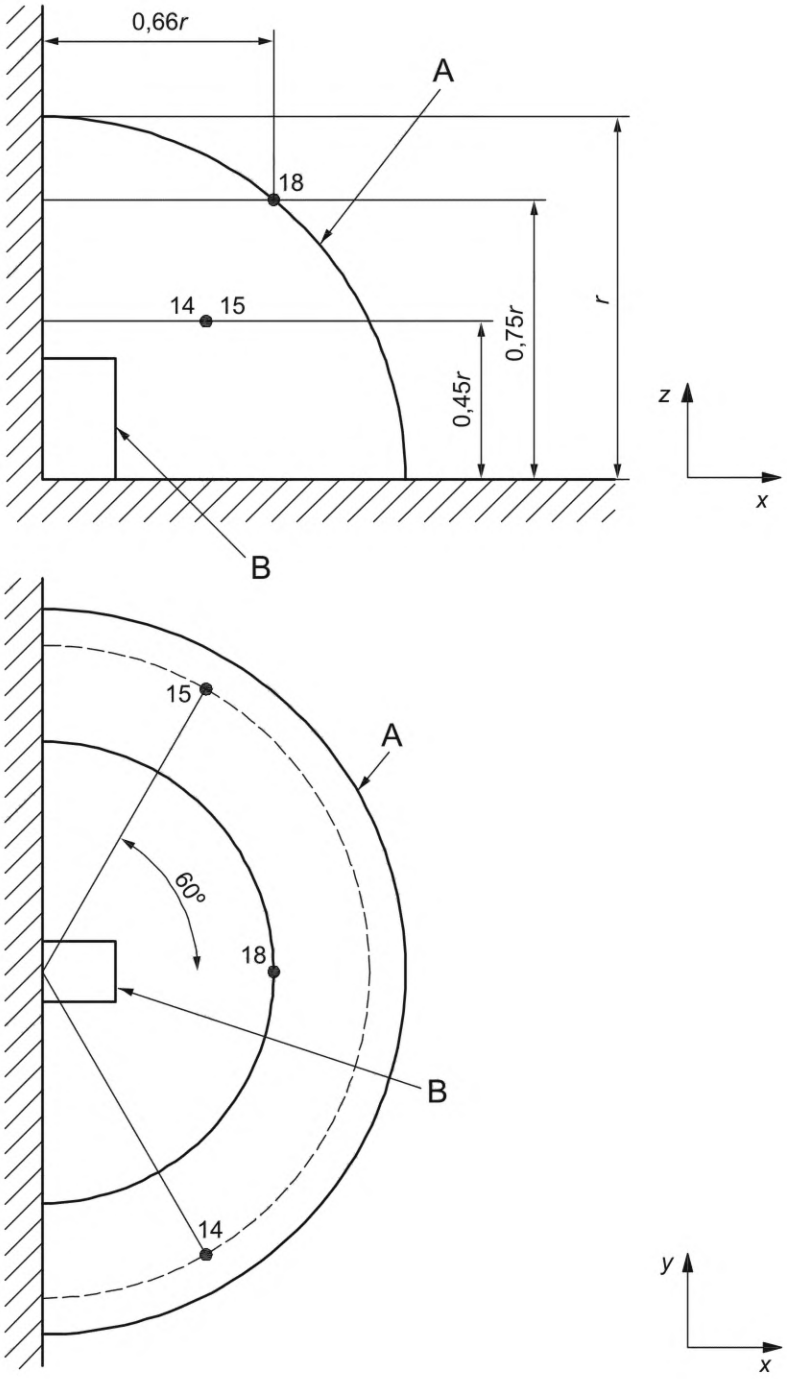

• — основные точки установки микрофонов; A — измерительная поверхность; B — огибающий параллелепипед; $r$ — радиус измерительной поверхности; $l_1$, $l_2$, $l_3$ — длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда

Рисунок В.1 — Основные точки установки микрофонов на полусферической измерительной поверхности



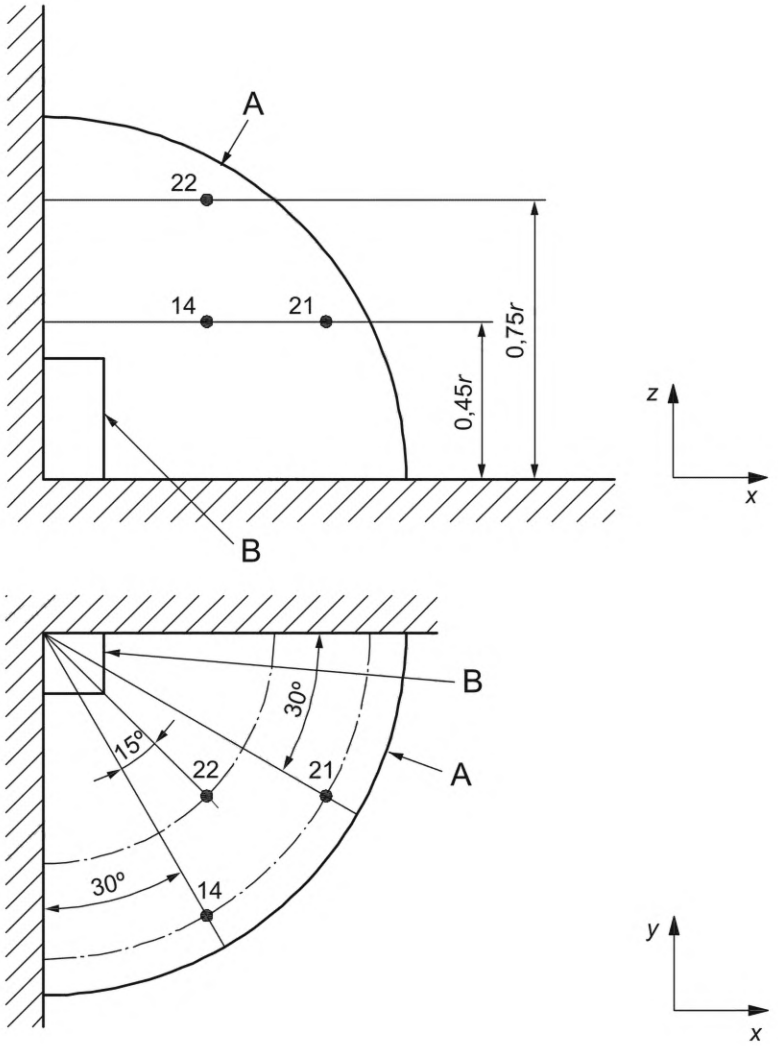

● — основные точки установки микрофонов; ○ — дополнительные точки установки микрофонов; A — измерительная поверхность; B — огибающий параллелепипед; *r* — радиус измерительной поверхности

Рисунок B.2 — Точки установки микрофонов на полусферической измерительной поверхности




● — точки установки микрофонов; A — измерительная поверхность; B — огибающий параллелепипед; *r* — радиус измерительной поверхности

Рисунок B.3 — Точки установки микрофонов на полусферической измерительной поверхности в случае двух звукоотражающих плоскостей




● — точки установки микрофонов; A — измерительная поверхность; B — огибающий параллелепипед; *r* — радиус измерительной поверхности

Рисунок B.4 — Точки установки микрофонов на полусферической измерительной поверхности в случае трех звукоотражающих плоскостей

**Приложение С**
**(обязательное)**

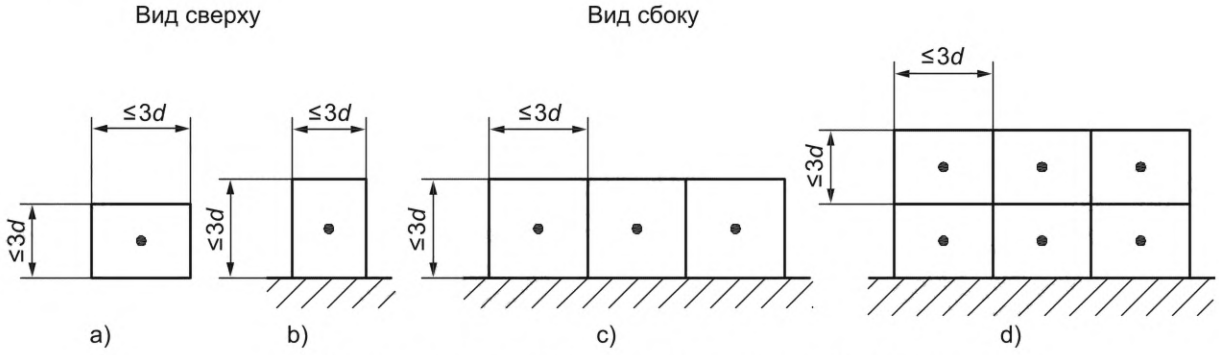
## Точки измерений на измерительной поверхности в виде параллелепипеда

### С.1 Точки измерений в случае одной звукоотражающей плоскости

Каждую из пяти плоскостей измерительной поверхности (граней параллелепипеда) рассматривают по отдельности и разбивают на равные участки с максимальной длиной 3*d*, где *d* — измерительное расстояние по 3.10 (см. рисунок С.1). Микрофоны располагают в центре этих областей. С учетом этих принципов построены примеры расположения точек измерений, показанные на рисунках С.2—С.6.

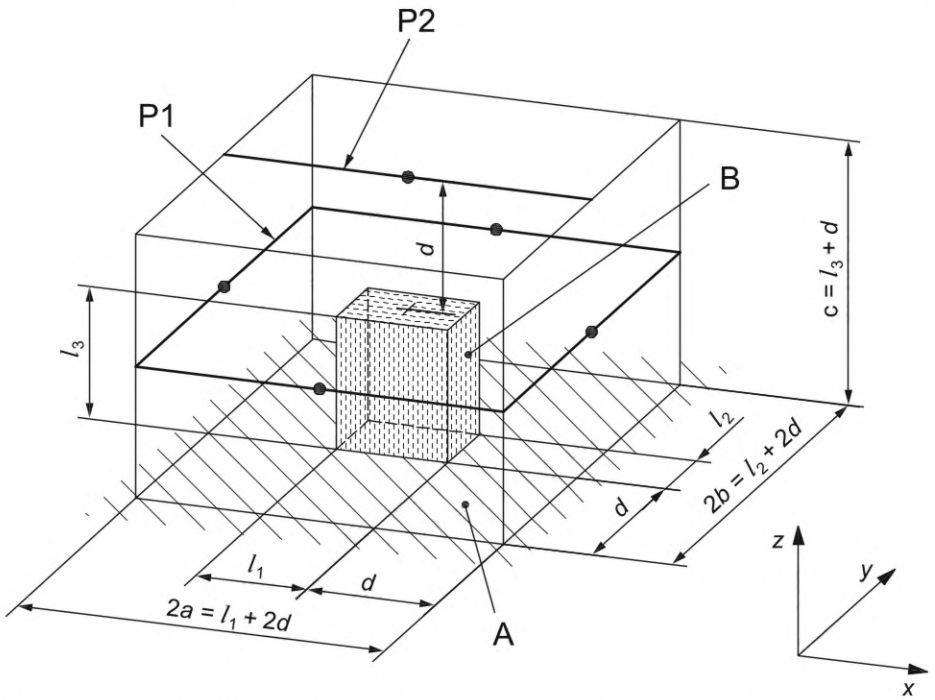
### С.2 Точки измерений в случае двух или трех звукоотражающих плоскостей

Для случая двух или трех звукоотражающих плоскостей точки установки микрофонов выбирают так, как показано на рисунках С.7 и С.8.



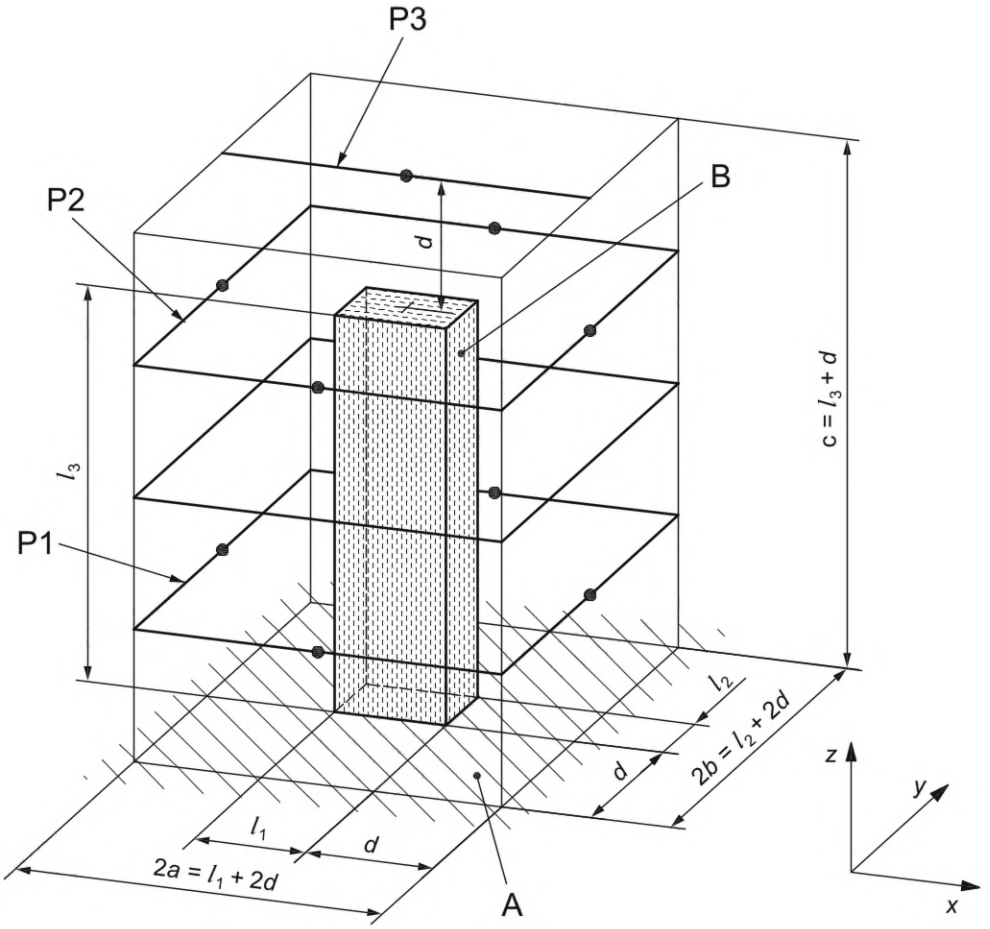

• — точки установки микрофонов; *d* — измерительное расстояние

Рисунок С.1 — Точки установки микрофонов на измерительной поверхности в виде параллелепипеда



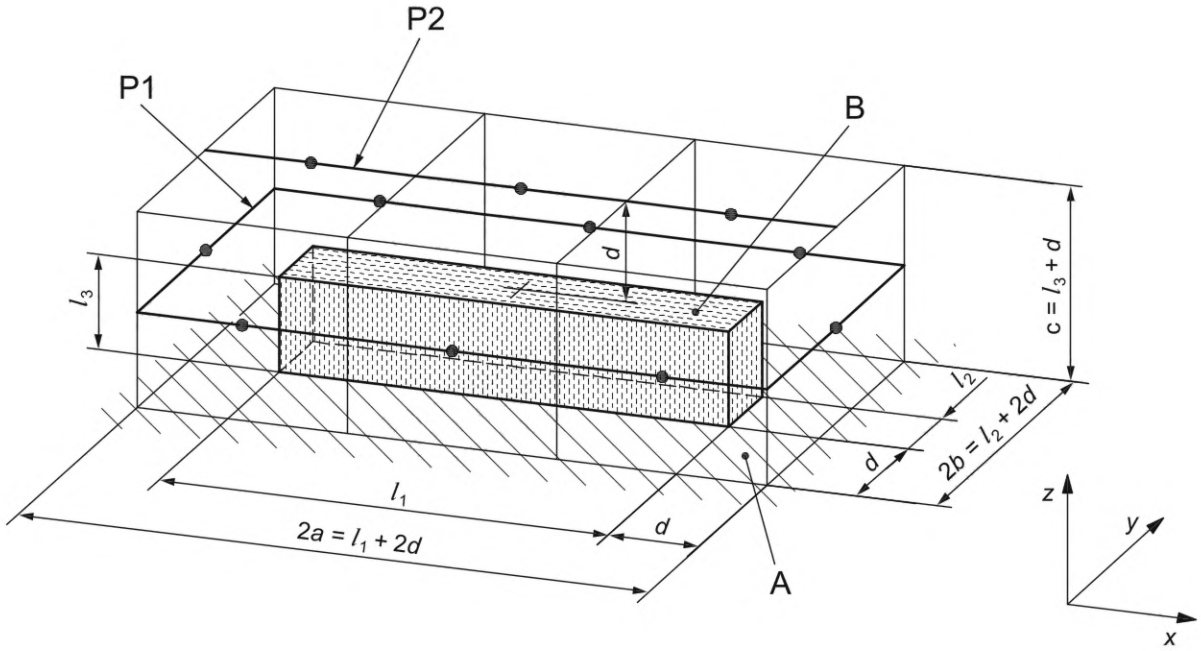

• — точки установки микрофонов; A — звукоотражающая плоскость; B — огибающий параллелепипед; *2a* — длина параллелепипеда измерительной поверхности; *2b* — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; *c* — высота параллелепипеда измерительной поверхности; *d* — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; P1, P2 — траектории сканирования

Рисунок С.2 — Пример измерительной поверхности, точек установки микрофонов и траекторий сканирования при испытаниях машин малых размеров ($l_1 \le d$, $l_2 \le d$, $l_3 \le 2d$).



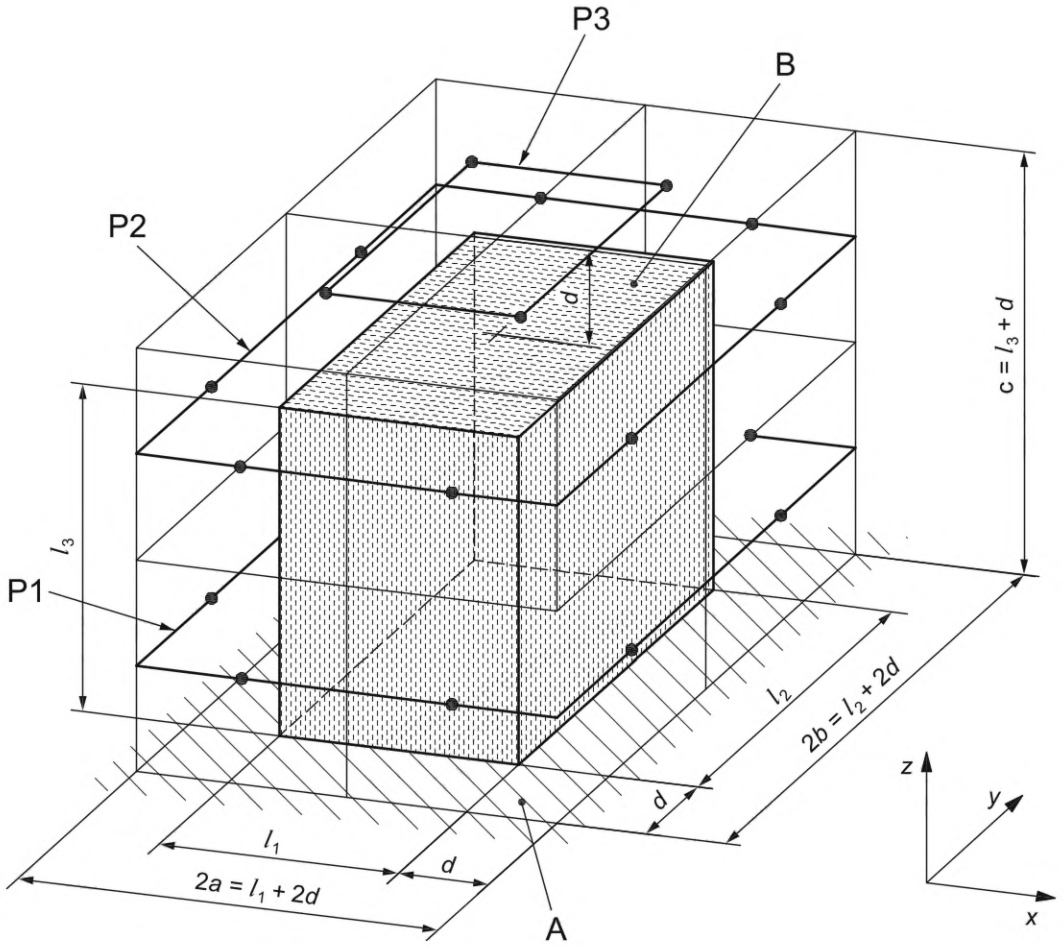

• — точки установки микрофонов; A — звукоотражающая плоскость; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; P1, P2, P3 — траектории сканирования

Рисунок С.3 — Пример измерительной поверхности, точек установки микрофонов и траекторий сканирования при испытаниях высоких машин с малой площадью основания ($l_1 \le d$, $l_2 \le d$, $2d \le l_3 \le 5d$)



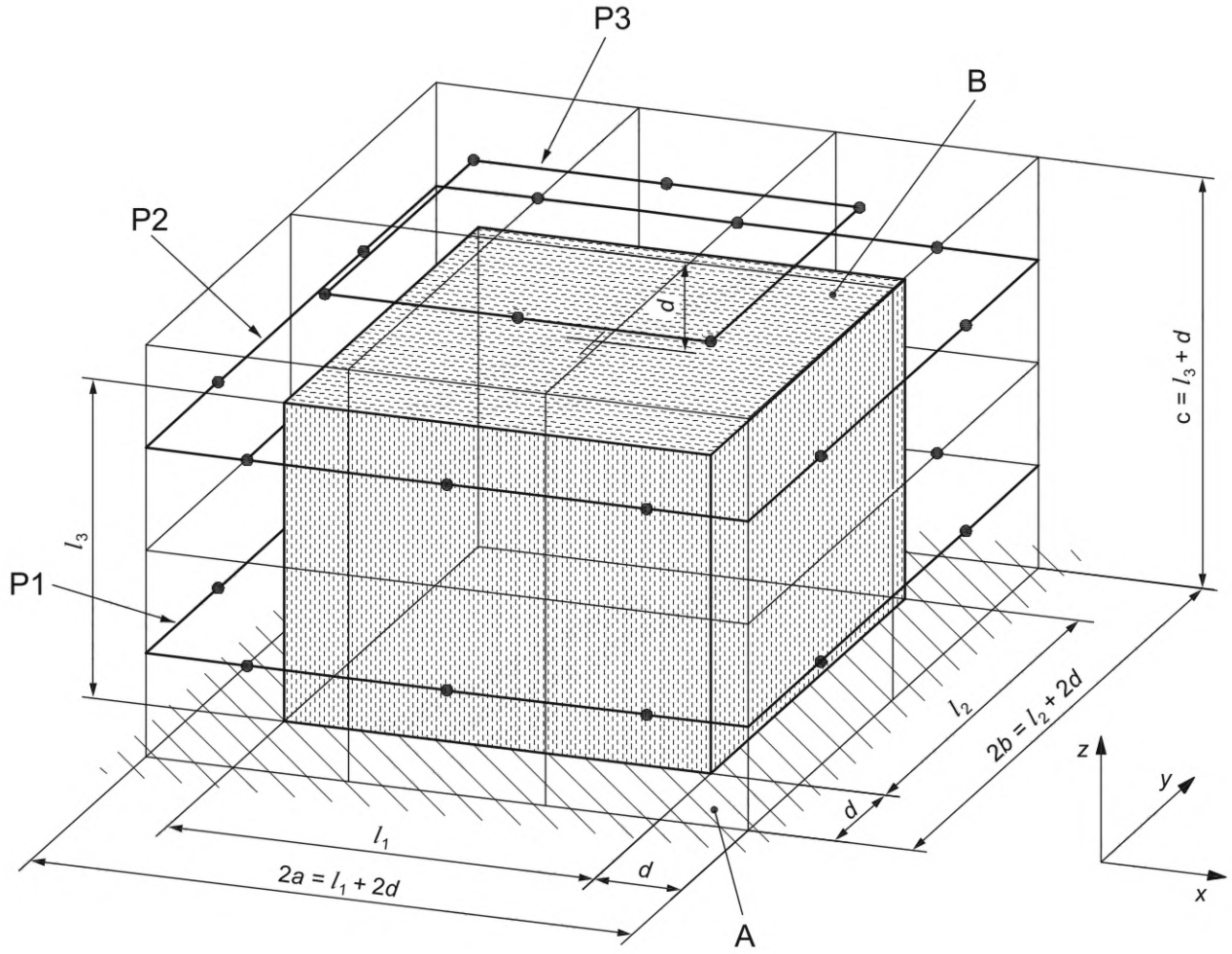

• — точки установки микрофонов; A — звукоотражающая плоскость; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; P1, P2 — траектории сканирования

Рисунок С.4 — Пример измерительной поверхности, точек установки микрофонов и траекторий сканирования при испытаниях длинных машин ($4d \le l_1 \le 7d$, $l_2 \le d$, $l_3 \le 2d$)



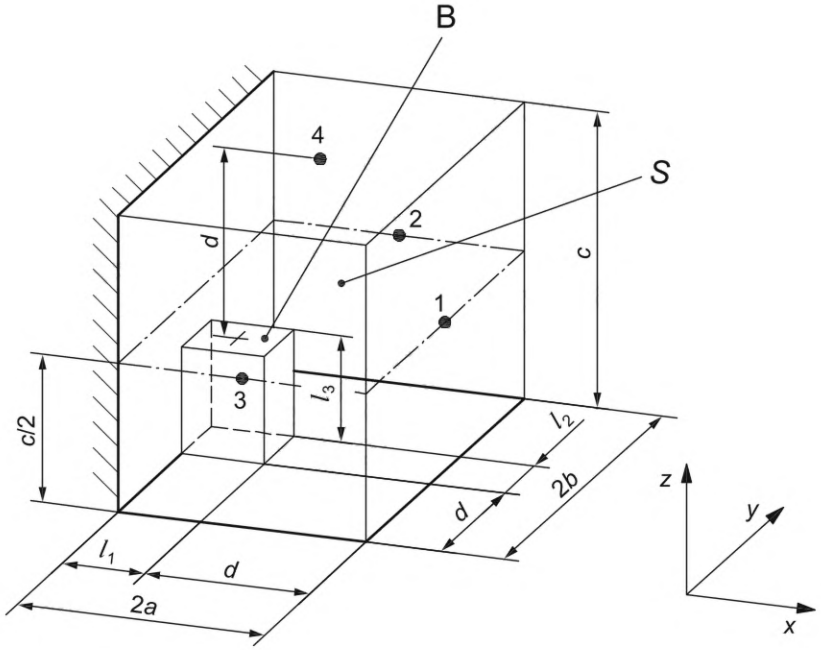

• — точки установки микрофонов; A — звукоотражающая плоскость; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; P1, P2, P3 — траектории сканирования

Рисунок С.5 — Пример измерительной поверхности, точек установки микрофонов и траекторий сканирования при испытаниях машин средних размеров ($d \le l_1 \le 4d$, $d \le l_2 \le 4d$, $2d \le l_3 \le 5d$)



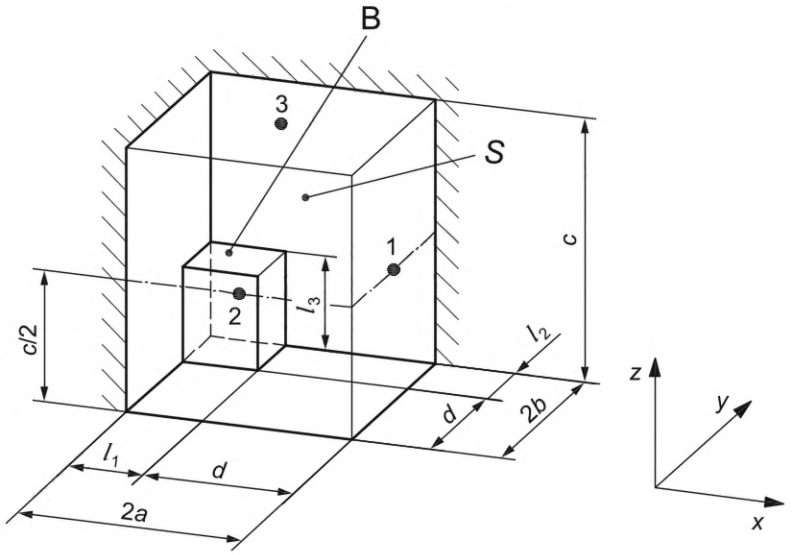

• — точки установки микрофонов; A — звукоотражающая плоскость; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; P1, P2, P3 — траектории сканирования

Рисунок С.6 — Пример измерительной поверхности, точек установки микрофонов и траекторий сканирования при испытаниях машин больших размеров ($4d \le l_1 \le 7d$, $d \le l_2 \le 4d$, $2d \le l_3 \le 5d$)




● — точки установки микрофонов; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; $S$ — площадь измерительной поверхности, $S = 2(2ab = bc + 2ca)$

Рисунок С.7 — Измерительная поверхность в виде параллелепипеда с четырьмя точками установки микрофонов при испытаниях устанавливаемых на полу источников шума в случае двух звукоотражающих плоскостей




● — точки установки микрофонов; B — огибающий параллелепипед; $2a$ — длина параллелепипеда измерительной поверхности; $2b$ — ширина параллелепипеда измерительной поверхности; $c$ — высота параллелепипеда измерительной поверхности; $d$ — измерительное расстояние; $l_1$ — длина огибающего параллелепипеда; $l_2$ — ширина огибающего параллелепипеда; $l_3$ — высота огибающего параллелепипеда; $S$ — площадь измерительной поверхности, $S = 2(2ab + bc + ca)$

Рисунок С.8 — Измерительная поверхность в виде параллелепипеда с тремя точками установки микрофонов при испытаниях устанавливаемых на полу источников шума в случае трех звукоотражающих плоскостей

## Приложение D
## (обязательное)

# Руководство по применению информации для расчета неопределенности измерения

### D.1 Общие положения

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

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

a) присущие самому методу измерений;

b) обусловленные нестабильностью излучаемого шума.

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

### D.2 Общее стандартное отклонение $\sigma_{tot}$

Характеристикой неопределенности измерения, проводимого в соответствии с настоящим стандартом, является расширенная неопределенность $U$, непосредственно получаемая из стандартного отклонения $\sigma_{tot}$ [см. формулу (22)], которое рассматривается как аппроксимация стандартной неопределенности $u(L_W)$.

В свою очередь, $\sigma_{tot}$ определяется двумя составляющими, $\sigma_{R0}$ и $\sigma_{omc}$ [см. формулу (21)], разными по своей природе.

Оценки $\sigma_{R0}$ и $\sigma_{omc}$ предполагаются статистически независимыми и определяемыми по отдельности.

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

### D.3 Стандартное отклонение $\sigma_{omc}$

Стандартное отклонение $\sigma_{omc}$, дБ (см. 9.2), рассчитывают по формуле

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

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

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

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

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

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

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

С точки зрения важности вклада тех или иных источников неопределенности в $\sigma_{tot}$ исследования для определения $\sigma_{omc}$ имеют больший приоритет, чем связанные с определением $\sigma_{R0}$ [см. формулу (21)]. Это связано с тем, что $\sigma_{omc}$ может принимать существенно бóльшие значения, чем стандартное отклонение $\sigma_{R0}$, которое для ориентировочного метода измерений, как это следует из таблицы 1, для источника шума без значительных тональных составляющих не превышает 3 дБ.

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

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

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

Таблица D.1 — Примеры расчета $\sigma_{tot}$ для разных соотношений между $\sigma_{omc}$ и $\sigma_{R0}$

| Стандартное отклонение воспроизводимости метода $\sigma_{R0}$, дБ | Стандартное отклонение $\sigma_{tot}$, дБ, для разных условий установки и работы машины, характеризующихся разными значениями $\sigma_{omc}$, дБ | | |
|---|---|---|---|
| | Стабильные | Нестабильные | Очень нестабильные |
| | $\sigma_{omc}$, 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 |

### D.4 Стандартное отклонение $\sigma_{R0}$

#### D.4.1 Общие положения

Оценки $\sigma_{R0}$ сверху приведены в таблице 1. Кроме того, в 9.3 приведены рекомендации по проведению исследований для получения более реалистичных оценок $\sigma_{R0}$ для отдельных машин или семейств машин. Такие исследования включают в себя проведение измерений в условиях воспроизводимости согласно ISO 5725 или расчеты на основании математической модели измерения [см. формулу (24)], 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 $\sigma_{R0}$, полученное в результате межлабораторного эксперимента или рассчитанное аналитически на основе модели, которое не учитывает вариативность этих источников.

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

#### D.4.2 Вклад разных источников в $\sigma_{R0}$

D.4.2.1 Общие положения

Предварительные исследования показали, что измеряемый корректированный по А уровень звуковой мощности $L_{WA}$, дБ, в который внесена поправка на атмосферные условия, может быть представлен следующей зависимостью от влияющих факторов (входных величин):

$$L_{WA} = \delta_{method} + \delta_{omc} + \overline{L'_{pA(ST)}} + 10\lg\frac{S}{S_0} - K_{1A} - K_{2A} + \delta_{met} + \delta_{slm} + \\ + \delta_{mic} + \delta_{angle} + \delta_{tone}, \quad (D.2)$$

где $\delta_{method}$ — входная величина, описывающая влияние применяемого метода измерений, дБ;

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

$\overline{L'_{pA(ST)}}$ — средний по измерительной поверхности корректированный на фоновый шум эквивалентный уровень звука при работе испытуемого источника шума, дБ;

$S$ — площадь измерительной поверхности, м$^2$;

$S_0 = 1$ м$^2$;

$K_{1A}$ — коррекция на фоновый шум [см. формулу (12)], дБ;

$K_{2A}$ — коррекция на свойства испытательного пространства (см. приложение А), дБ;

$\delta_{met}$ — поправка, учитывающая разность опорных значений для определения эквивалентного уровня звукового давления и уровня звуковой мощности, а также изменение звуковой мощности с изменением температуры и давления, дБ;

$\delta_{slm}$ — входная величина, описывающая влияние применяемых средств измерений, дБ;

$\delta_{mic}$ — входная величина, описывающая влияние конечного числа точек измерений на измерительной поверхности, дБ;

$\delta_{angle}$ — входная величина, учитывающая разность направления излучения источника шума и нормали к измерительной поверхности, дБ;

$\delta_{tone}$ — входная величина, учитывающая спектральный состав шума и наличие в нем дискретных тонов, дБ.

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

Примечание 2 — Входные величины, включенные в формулу (D.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 $\sigma_{omc}$. Остальные входные величины в совокупности характеризуются стандартным отклонением $\sigma_{R0}$.

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

Расчет $\sigma_{R0}$ выполнен в предположении, что все входные величины некоррелированы.

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

Пример информации, необходимой для расчета суммарной стандартной неопределенности при прямом методе измерений, приведен в таблице D.2 и в D.4.2.2—D.4.2.11.

Таблица D.2 — Бюджет неопределенности для расчета $\sigma_{R0}$ (для примера измерения уровня звуковой мощности источника шума с относительно «плоским» спектром с коррекцией по частотной характеристике А)

| Входная величина (см. D.4.2) | Оценка входной величины[a], дБ | Стандартное отклонение[a] $u_i$, дБ | Вид распределения | Коэффициент чувствительности[a] $c_i$ |
|---|---|---|---|---|
| $\delta_{method}$ | 0 | 0,6 | Нормальное | 1 |
| $\overline{L'_{pA(ST)}}$ | $\overline{L'_{pA(ST)}}$ | $s$ (стандартное отклонение повторяемости) | Нормальное | $1 + \frac{1}{10^{0,1\Delta L_{pA}} - 1}$ |
| $S$ | $10\lg\frac{S}{S_0}$ | $\Delta r / \sqrt{3}$ | Прямоугольное | $8,7/r$ |

*Окончание таблицы D.2*

| Входная величина (см. D.4.2) | Оценка входной величины[a], дБ | Стандартное отклонение[a] $u_i$, дБ | Вид распределения | Коэффициент чувствительности[a] $c_i$ |
|---|---|---|---|---|
| $K_{02A}$ | $K_{1A}$ | (стандартное отклонение повторяемости) | Нормальное | $\frac{1}{10^{0,1\Delta L_{pA}}-1}$ |
| $K_{2A}$ | $K_{2A}$ | $K_{2A}/4$ | Нормальное | 1 |
| $\delta_{met}$ | $H_a/1000$ | 0,3 | Треугольное | 1 |
| $\delta_{slm}$ | 0 | Класс 1: 0,5<br>Класс 2: 1,0 | Нормальное | 1 |
| $\delta_{mic}$ | 0 | $\frac{s}{\sqrt{N_M}}$ | Нормальное | 1 |
| $\delta_{angle}$ | 0 | Параллелепипед: 1,2<br>Полусфера: 0,25 | Прямоугольное | $10^{-K_{2A}/10}$ |
| $\delta_{tone}$ | 0 | Есть слышимые тоны: 3<br>Нет слышимых тонов: 0 | Прямоугольное | 1 |
| [a] См. D.4.2.2 — D.4.2.11. | | | | |

D.4.2.2 Метод измерений ($\delta_{method}$)

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

В предположении, что анализ модели измерения был выполнен правильно и в полном объеме, в качестве ориентировочной оценки можно принять $u_{method}$ = 0,6 дБ.

Смещение, обусловленное методом измерения, непосредственно входит в качестве слагаемого в оценку измеряемой величины, поэтому коэффициент чувствительности $c_{methos}$ = 1. Вклад $c_{method}u_{method}$ данного источника в суммарную стандартную неопределенность будет составлять 0,6 дБ.

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

При применении настоящего стандарта обычно выполняют однократное измерение среднего по измерительной поверхности эквивалентного уровня звука испытуемого источника шума и полученный результат измерения рассматривают в качестве удовлетворительной оценки измеряемой величины. Повторные измерения в условиях повторяемости (одним микрофоном в одной точке измерений, одним методом измерений, одним оператором, одними средствами измерений, но с их повторным включением машины и настройкой перед каждым измерением) позволяют получить выборочное стандартное распределение $s$, которое может рассматриваться в качестве оценки стандартной неопределенности $u(\overline{L'_{pA(ST)}})$, дБ, и рассчитывается по формуле

$$u_{L'_{pA(ST)}} = s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{j=1}^{N}\left(L'_{p,j} - L'_{pav}\right)^2},$$

где $L'_{p,j}$ — некорректированный на фоновый шум результат $j$-го повторного измерения в заданной точке эквивалентного уровня звукового давления в заданных условиях установки и работы испытуемого источника шума, дБ;

$L'_{pav}$ — арифметическое среднее по всем $L'_{p,j}$, дБ;

$N$ — число повторных измерений, которое должно быть не менее шести.

Коэффициент чувствительности $c(\overline{L'_{pA(ST)}})$ представляет собой производную функции измерения $L_{WA}$ по $\overline{L'_{pA(ST)}}$ [см. формулу (D.2)] и зависит от уровня фонового шума. Вычисление производной после подстановки выражения для $K_{1A}$ дает

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

Для наихудшего случая, когда уровень шума совпадает с предельно допустимым значением (см. D.4.2.5), $c(\overline{L'_{pA(ST)}}) = 2$. При этом только за счет флуктуаций фонового шума $u(\overline{L'_{pA(ST)}})$ будет не менее 1,5 дБ. Таким образом, вклад данного источника неопределенности $c(\overline{L'_{pA(ST)}})\, u(\overline{L'_{pA(ST)}})$ в суммарную неопределенность составит 3 дБ. Если к тому же продолжительность измерений $T$ не позволит охватить достаточное число циклов работы машины, то суммарная стандартная неопределенность может стать недопустимо большой для ориентировочного метода измерений. В случае малошумного испытуемого источника меры по снижению уровня фонового шума $u(\overline{L'_{pA(ST)}})$ способны привести к снижению значения $c(\overline{L'_{pA(ST)}})$ (максимум вдвое). Стандартную неопределенность $u(\overline{L'_{pA(ST)}})$ можно уменьшить за счет лучшего контроля условий работы машины, увеличения продолжительности измерений или путем усреднения по многократным измерениям, выполненным в разных условиях, характерных для типичного применения машины. Уменьшить вклад данного источника можно также за счет увеличения числа точек измерений или увеличения измерительного расстояния (радиуса). В типичных измерениях вклад $c(\overline{L'_{pA(ST)}})\, u(\overline{L'_{pA(ST)}})$ в суммарную стандартную неопределенность обычно не превышает 1,5 дБ.

D.4.2.4 Измерительная поверхность ($S$)

Для полусферической измерительной поверхности площадью $S = 2\pi r^2$ неопределенность, связанная с определением площади $S$, зависит от неопределенности величины $r$, т. е. от неопределенности положений микрофонов на измерительной поверхности. В предположении, что значение измерительного радиуса находится в интервале $\pm\Delta r$, а соответствующая данной входной величине случайная величина имеет прямоугольное распределение внутри данного интервала, стандартная неопределенность, определяемая через стандартное отклонение, будет равна $u_S = \Delta r / \sqrt{3}$.

Аналогичное соотношение имеет место для измерительной поверхности в виде параллелепипеда с измерительным расстоянием $d$. В предположении равномерного распределения в пределах интервала $\pm\Delta d$, стандартная неопределенность равна $u_S = \Delta d/\sqrt{3}$.

Коэффициент чувствительности $c_S$ вычисляется как производная $L_{WA}$ по $r$ (или $d$), что дает $c_S = 8,7/r$ для полусферической измерительной поверхности и $c_S = 8,7/d$ для измерительной поверхности в виде параллелепипеда.

Обычно при тщательном контроле мест установки микрофонов можно добиться, чтобы вклад данной составляющей неопределенности не превышал 0,1 дБ.

D.4.2.5 Коррекция на фоновый шум ($K_{1A}$)

Оценку $K_{1A}$ получают по результатам измерений эквивалентных уровней звука испытуемого источника шума и фонового шума. Стандартная неопределенность $u_{K_{1A}}$, дБ, связанная с коррекцией на фоновый шум $K_{1A_1}$, может быть выражена через выборочное стандартное отклонение $S$ по серии из не менее шести повторных измерений разностей уровней звука для испытуемого источника и фонового шума в одной точке измерений (установки микрофона) на измерительной поверхности.

Коэффициент чувствительности $c_{K_{1A}}$ получают, беря производную функции измерения $L_{WA}$ по $\overline{L_{p(B)}}$, что дает

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

В рассматриваемом примере $u_{K1A}$ предполагается равным 3 дБ. В самом плохом случае, допускаемом настоящим стандартом, разность $\overline{L_{pA(ST)}} - \overline{L_{pA(B)}}$ равна 3 дБ, что дает значение коэффициента чувствительности

$c_{K_{1A}}$ = 1 и вклад $c_{K_{1A}}$ $u_{K_{1A}}$ в суммарную стандартную неопределенность, равный 3,0 дБ. В большинстве измерительных ситуаций за счет поддержания низкого уровня фонового шума данный вклад может быть уменьшен до менее 1,5 дБ. Уменьшение флуктуаций фонового шума уменьшает вклад данной составляющей неопределенности. Кроме того, можно ожидать, что $u_{K_{1A}}$ 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. Отношение уровня звука фонового шума к уровню звука шума испытуемого источника уменьшается на 3 дБ при уменьшении площади измерительной поверхности вдвое.

D.4.2.6 Коррекция на свойства испытательного пространства ($K_{2A}$)

Оценку коррекции на свойства испытательного пространства получают в соответствии с приложением А. Практический опыт показывает, что расчетному значению коррекции на свойства испытательного пространства $K_{2A}$, дБ, можно поставить в соответствие стандартную неопределенность $u_{K2A}$, приближенно определяемую по формуле $u_{K_{2A}} = K_2/4$. Так, при $K_{2A}$ = 7 дБ, $u_{K_{2A}}$ = 1,8 дБ.

Коэффициент чувствительности для данного фактора, $c_{K_{2A}}$, равен единице.

В наихудшем случае $K_2$ = 7 дБ, $u_{K_{2A}}$ = 1,8 дБ и $c_{K_{2A}}$ $u_{K_{2A}}$ = 1,8 дБ. Обычно значения коррекции $K_{2A}$ имеют меньшие значения, и вклад данной составляющей неопределенности не превышает 1,2 дБ. Вклад данной составляющей можно уменьшить, уменьшая измерительное расстояние (радиус), увеличивая звукопоглощение в испытательном помещении, проводя испытания в помещении с открытыми окнами и дверями или на открытом воздухе (в последнем случае данная составляющая неопределенности может быть пренебрежимо мала). Если значение $K_{2A}$ может быть снижено до 4 дБ и менее, то рекомендуется рассмотреть возможность повышения класса точности измерений.

D.4.2.7 Поправка на атмосферные условия ($\delta_{met}$)

Если измерения проводят на большой высоте, то это приводит к заниженным оценкам уровня звукового давления по сравнению с теми, что получены при измерениях на уровне моря. Указанное смещение $\delta_{met}$ приблизительно равно $H_a$/1000, где $H_a$ — высота места измерения, м. При измерениях на уровне ниже 1500 м поправку на атмосферные условия обычно не учитывают, и связанная с этим неопределенность обычно мала (в предположении треугольного распределения значения $H_a$ соответствующая стандартная неопределенность будет 0,6 дБ). При проведении измерений на высоте свыше 1500 м рекомендуется учитывать поправку на атмосферные условия в соответствии с ISO 3744.

D.4.2.8 Инструментальная неопределенность ($\delta_{sim}$)

Оценка входной величины, связанной с инструментальной неопределенностью, равна нулю, а соответствующий коэффициент чувствительности — единице. Стандартная неопределенность $u_{slm}$, обусловленная отклонением действительных метрологических характеристик шумомера от их номинальных значений, зависит от класса шумомера по IEC 61672-1, а также от частотного состава и других свойств измеряемого шума. Для шумомеров, калиброванных на средних частотах, при условии, что измеряемый шум имеет широкополосный характер и близок к стационарному, можно принять, что $u_{slm}$ = 0,5 дБ при использовании шумомеров класса 1 и $u_{slm}$ = 1 дБ при использовании шумомеров класса 2. Факторы, влияющие на инструментальную неопределенность при применении шумомеров, подробно рассматриваются в IEC 61672-1.

D.4.2.9 Неравномерность распределения эквивалентного уровня звукового давления по измерительной поверхности ($\delta_{mic}$)

Стандартную неопределенность $u_{mic}$, связанную с конечным числом точек измерений на измерительной поверхности, можно оценить по формуле

$$u_{mic} = \frac{s}{\sqrt{N_M}} = \frac{1}{\sqrt{N_M}} \sqrt{\frac{1}{(N_M - 1)} \sum_{i=1}^{N_M} (L'_{pi(ST)} - L'_{pav})^2},$$

где $N_M$ — число точек измерений на измерительной поверхности;

$L'_{pav}$ — среднее арифметическое результатов измерений $L'_{pi(ST)}$, дБ.

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

В качестве наихудшего случая можно рассматривать ситуацию, когда разброс результатов измерений по измерительной поверхности составляет 10 дБ, показатель направленности источника равен 5 дБ и более, и измерения проводятся на открытом воздухе. В этом случае $u_{mic}$ = 2,5 дБ. Если звуковое поле является отчасти реверберационным, разброс результатов измерений будет меньше, и в качестве более типичного значения можно взять $u_{mic}$ = 1,4 дБ.

Уменьшить вклад данной составляющей неопределенности можно, увеличивая число точек измерений или увеличивая измерительное расстояние.

D.4.2.10 Отклонение угла падения звуковой волны от нормали к измерительной поверхности ($\delta_{angle}$)

Использование измерений звукового давления для аппроксимации интенсивности звука в принципе ведет к завышенным оценкам уровня звуковой мощности. Смещение оценки зависит от свойств звукового поля, создаваемого источником шума, его направленности и измерительного расстояния. Привести какие-либо общие соотношения для получения оценки смещения $\delta_{angle}$ или связанной с ней стандартной неопределенности $u_{angle}$ не представляется возможным. Такие оценки рекомендуется получать на основе экспериментальных исследований для разных источников шума сопоставлением разных методов измерений (например, звукового давления и интенсивности звука).

В случае полусферической измерительной поверхности в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью типичным значением стандартной неопределенности будет $u_{angle}$ = 0,25 дБ, а в случае измерительной поверхности в виде параллелепипеда — $u_{angle}$ = 1,25 дБ.

Примечание — На высоких частотах смещение, связанное с отклонением угла падения звуковой волны, может быть компенсировано направленностью микрофона.

Смещение $\delta_{angle}$ определяется только прямой звуковой волной, распространяющейся от источника шума, поэтому соответствующий коэффициент чувствительности имеет вид $c_{angle} = 10^{-K_{2A}/10}$. Наихудший случай имеет место для измерительной поверхности в виде параллелепипеда и измерений на открытом воздухе. В этом случае вклад данной составляющей неопределенности $c_{angle}\,u_{angle}$ может достигнуть 1,2 дБ. При $K_{2A}$ = 5 дБ коэффициент чувствительности становится равным $c_{angle}$ = 0,3 дБ, и вклад данной составляющей неопределенности уменьшается до 0,4 дБ. Для измерительной поверхности данного вида значение $c_{angle}\,u_{angle}$ будет тем меньше, чем больше $K_{2A}$. Уменьшить его можно также за счет увеличения измерительного расстояния $d$. Для больших значений $d$ и полусферической измерительной поверхности этот вклад может быть уменьшен до 0,25 дБ и менее.

D.4.2.11 Спектральный состав шума ($\delta_{tone}$)

Если в шуме испытуемого источника присутствуют слышимые тоны, то ограниченное число точек измерений на измерительной поверхности может привести к смещению результата измерений, связанному с интерференционными эффектами. Опыт показывает, что в таких случаях соответствующая стандартная неопределенность $u_{tone}$ может быть принята равной 3 дБ. Если в шуме источника слышимые тоны отсутствуют или когда измерения проводят с использованием большого числа микрофонов, $u_{tone}$ может быть принята равной 0 дБ. Коэффициент чувствительности $c_{tone}$ равен единице. При наличии тонов вклад соответствующей составляющей неопределенности может быть уменьшен за счет увеличения точек измерений.

D.4.2.12 Типичное значение $\sigma_{R0}$

С учетом изложенного в D.4.2.2 — D.4.2.11 и формулы (D.2) можно получить оценку типичного значения $\sigma_{R0}$, дБ,

$$\sigma_{R0} = \sqrt{0,6^2 + 1,5^2 + 0,1^2 + 1,5^2 + 1,2^2 + 0,6^2 + 1,0^2 + 1,4^2 + 0,4^2 + 0} = 3,1 \text{ дБ}.$$

### D.5 Суммарная стандартная неопределенность

В случае незначительной корреляции между входными величинами суммарную стандартную неопределенность $u(L_{WA})$, дБ, рассчитывают по формуле

$$u(L_{WA}) \approx \sigma_{tot} = \sqrt{{\sigma_{R0}}^2 + {\sigma_{omc}}^2} = \sqrt{\sum_i (c_i u_i)^2 + {\sigma_{omc}}^2}. \quad \text{(D.3)}$$

### D.6 Использование результатов измерений в условиях воспроизводимости

При отсутствии информации о составляющих неопределенности и возможных корреляциях между входными величинами в качестве суммарной стандартной неопределенности $u(L_{WA})$ 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 $L_{WA}$, значение коэффициента охвата будет $k$ = 2. Чтобы избежать неправильного толкования, вместе с расширенной неопределенностью в протоколе испытаний следует указывать примененное значение вероятности охвата.

## Приложение ДА
## (справочное)

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| ISO 3744 | IDT | ГОСТ ISO 3744—2024 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью» |
| ISO 5725 (all parts) | IDT | ГОСТ ИСО 5725-1—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения»<br>ГОСТ ИСО 5725-2—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений»<br>ГОСТ ИСО 5725-3—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений»<br>ГОСТ ИСО 5725-4—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений»<br>ГОСТ ИСО 5725-5—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 5. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений»<br>ГОСТ ИСО 5725-6—2003 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике» |
| ISO 12001 | — | * |
| ISO/IEC Guide 98-3 | IDT | ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения» |
| IEC 60942 | — | *1) |
| IEC 61672-1 | — | *2) |

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

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

- IDT — идентичные стандарты.

1) В Российской Федерации действует ГОСТ Р МЭК 60942—2025 «Калибраторы акустические. Технические требования и требования к испытаниям».

2) В Российской Федерации действует ГОСТ Р 53188.1—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования», не эквивалентный международному стандарту.

## Библиография


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

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

[3] ISO 3743-1, Acoustics — Determination of sound power 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 (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)

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

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

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

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

[8] ISO 6926, Acoustics — Requirements for the performance and calibration of reference sound sources used for the determination of sound power levels (Акустика. Требования к характеристикам и калибровке образцовых источников шума, применяемых для определения уровней звуковой мощности)

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

[10] ISO 7574-22, Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 2: Methods for stated values for individual machines (Акустика. Статистические методы определения и подтверждения заявленных шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 2. Методы для заявленных характеристик отдельных машин)

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

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

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

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

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

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

[17] ISO 11200, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions (Акустика. Шум машин и оборудования. Руководство по применению базовых стандартов для определения уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках)

[18] ISO 11201, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane with negligible environmental corrections (Акустика. Шум машин и оборудования. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью без учета влияния испытательного пространства)

[19] ISO 11202, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections (Акустика. Шум машин и оборудования. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках с приближенными коррекциями на свойства испытательного пространства)

[20] ISO 11203, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions from the sound power level (Акустика. Шум машин и оборудования. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках по уровню звуковой мощности)

[21] ISO 11204, Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying accurate environmental corrections (Акустика. Шум машин и оборудования. Определение уровней звукового давления излучения на рабочем месте и в других контрольных точках с точными коррекциями на свойства испытательного пространства)

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

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

[24] WITTSTOCK, V. On the uncertainty of meteorological corrections in sound power determination. Proceedings Inter-Noise 2004, CD-ROM, Prague, 2004

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

[26] CRAMER, O. The variation of the specific heat ratio and the speed of sound in air with temperature, humidity and $CO_2$ concentration. J. Acoust. Soc. Am. 1993, 93, pp. 2510—2516

[27] HÜBNER, G. Final results of a round robin test determining the sound power of machine/equipment. Proceedings Inter-Noise 1997, Budapest, 1997, pp. 1317—1322

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

[29] WONG, G.S.K. Comments on «The variation of the specific heat ratio and the speed of sound in air with temperature, pressure, humidity, and CO2 concentration» [J. Acoust. Soc. Am. 93, 2510—2516 (1993)], J. Acoust. Soc. Am. 1995, 97, pp. 3177—3179

[30] PROBST, W. Checking of sound emission values. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Neue Wissenschaft, 1999. 102 p. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbietsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fachbericht [Special report], 851.)

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 17.140.01 IDT

Ключевые слова: шум машин, уровень звуковой мощности, уровень звуковой энергии, эквивалентный уровень звука, испытательное пространство, звукоотражающая плоскость, измерительная поверхность, огибающий параллелепипед, ориентировочный метод измерений

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 28.01.2026. Подписано в печать 18.02.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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