ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 1996-2— 2023

Акустика

ОПИСАНИЕ, ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА ШУМА НА МЕСТНОСТИ

Часть 2

Определение уровней звукового давления

(ISO 1996-2:2017, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 358 «Акустика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2023 г. № 995-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 1996-2:2017 «Акустика. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления» (ISO 1996-2:2017 «Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 43 «Акустика», подкомитетом SC 1 «Шум».

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

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2017
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Неопределенность измерения 3
5 Средства измерений 5
5.1 Общие положения 5
5.2 Проверка калибровки 5
5.3 Поверка 5
5.4 Долгосрочный мониторинг 6
6 Общие принципы измерений 6
6.1 Общие положения 6
6.2 Независимые измерения 7
7 Работа источника шума 7
7.1 Общие положения 7
7.2 Автотранспортные средства 8
7.3 Железнодорожный транспорт 9
7.4 Воздушный транспорт 9
7.5 Промышленные предприятия 10
8 Атмосферные условия 11
8.1 Общие положения 11
8.2 Благоприятные условия распространения 12
8.3 Влияние осадков на измерения 12
9 Процедуры измерений 13
9.1 Выбор продолжительности измерений 13
9.2 Расположение микрофона 13
9.3 Измерения 14
10 Оценка результатов измерений 17
10.1 Общие положения 17
10.2 Определение $L_{E,T}$, $L_{\mathrm{eq},T}$ и $L_{N,T}$ 17
10.3 Обработка неполных или поврежденных данных 18
10.4 Коррекция на уровень остаточного шума 18
10.5 Определение стандартной неопределенности 18
10.6 Определение L_{den} 19
10.7 Максимальный уровень L_{max} 20
11 Экстраполяция на другие места 21
11.1 Общие положения 21
11.2 Экстраполяция расчетным методом 21
11.3 Экстраполяция с применением измеренной функции затухания 21
12 Расчетные оценки 22
12.1 Общие положения 22
12.2 Методы расчета 22
13 Регистрируемая и вносимая в протокол информация 22
Приложение A (справочное) Определение радиуса кривизны 24
Приложение B (справочное) Расположение микрофона относительно отражающих поверхностей . . 26
Приложение C (справочное) Выбор места измерений/мониторинга 29
Приложение D (справочное) Приведение к нормальным условиям 30
Приложение E (справочное) Устранение нежелательного шума 34
Приложение F (справочное) Неопределенность измерения 35
Приложение G (справочное) Примеры расчета неопределенности 37
Приложение H (справочное) Максимальные уровни звукового давления 42

Приложение I (справочное) Измерение остаточного шума 44
Приложение J (справочное) Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме. Технический метод 45
Приложение K (справочное) Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме. Ориентировочный метод 46
Приложение L (справочное) Национальные и европейские модели расчета для разных источников шума 47
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам 49
Библиография 50

Введение

Особенностью измерений шума на местности является необходимость учитывать большое число факторов в ходе планирования и проведения измерений. Точность измерений в каждом конкретном случае зависит от особенностей действующих источников шума и атмосферных условий, влияние которых на результат измерений сложно прогнозировать заранее. Это приводит к тому, что неопределенность измерения приходится оценивать после его завершения на основе анализа как акустических данных, так и данных об условиях работы источника и атмосферных параметрах, важных с точки зрения распространения звука.

Настоящий стандарт распространяется на широкий класс источников шума и разные атмосферные условия. Это обеспечивает его универсальность, хотя, возможно, несколько снижает удобство использования. В случае когда вид источников ограничен, а цели измерений точно определены, настоящий стандарт может быть использован в качестве основы для разработки более специализированного нормативного документа.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Акустика

ОПИСАНИЕ, ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА ШУМА НА МЕСТНОСТИ

Часть 2

Определение уровней звукового давления

Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2. Determination of sound pressure levels

Дата введения — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы определения уровней звукового давления на местности, на основе которых может быть выполнена оценка соответствия шума нормативам в области охраны окружающей среды, другим установленным требованиям или проведено сравнение с результатами численных расчетов, выполненных с применением разных методов. Уровни звукового давления могут быть определены в результате прямых измерений, а также экстраполяцией результатов измерений расчетным путем. Настоящий стандарт предназначен, прежде всего, для определения уровней шума на открытом воздухе, но содержит также некоторые рекомендации для измерений внутри помещений. Стандарт допускает гибкое планирование измерений в необходимом объеме с расчетом и регистрацией неопределенности измерения для конкретной измерительной задачи. В связи с этим пределы допустимой максимальной неопределенности не устанавливаются. Часто результаты измерений объединяют с расчетами для корректировки регламентируемых условий работы источников или условий распространения шума, отличных от тех, которые были во время фактических измерений. Настоящий стандарт применим к оценкам шума в окружающей среде от разных источников (шума от автомобильного и железнодорожного транспорта, авиационного и промышленного шума).

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 1996-1:2016, Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures (Акустика. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки)

ISO 20906:2009/Amd.1:2013, Acoustics — Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports — Amendment 1 (Акустика. Автоматический мониторинг авиационного шума вблизи аэропортов. Изменение 1)

ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий)

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 (GUM:1995)]

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

Издание официальное

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

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 1996-1, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 **продолжительность измерения** (measurement time interval): Период времени, в течение которого проводят однократное измерение.

Примечание 1 — Для измерений уровня звукового воздействия или эквивалентного уровня звукового давления продолжительность измерения представляет собой интервал интегрирования.

Примечание 2 — Для измерений максимального уровня звукового давления или уровня процентного превышения и т. д. продолжительность измерения определяется *интервалом наблюдения* (3.2).

3.2 **интервал наблюдения** (observation time interval): Период времени, в течение которого проводят серию измерений.

3.3 **интервал прогнозирования** (prediction time interval): Период времени, на котором прогнозируют уровень шума.

Примечание — В настоящее время для шума от некоторых источников, например, транспортного шума, чаще применяют прогнозирование с использованием соответствующих программ, чем оценивание на основе измерений. Интервал прогнозирования по своему смыслу близок к понятию *продолжительности измерения* (3.1), за исключением того, что в первом случае уровни прогнозируют, а во втором — измеряют.

3.4 **долгосрочное измерение** (long-term measurement): Измерение, продолжительность которого достаточна для того, чтобы охватить все акустические события и атмосферные условия, необходимые для получения репрезентативного среднего значения.

3.5 **краткосрочное измерение** (short-term measurement): Измерение, продолжительность которого соответствует определенным акустическим событиям и атмосферным условиям.

3.6 **позиция микрофона** (receiver location): Место, в котором оценивают шум.

3.7 **метод расчета** (calculation method): Набор алгоритмов для расчета уровня звукового давления в заданной позиции микрофона на основе измеренных или прогнозируемых уровней звуковой мощности и данных о затухании звука.

3.8 **метод прогноза** (prediction method): Метод расчета уровней шума в будущие моменты времени.

3.9 **метеорологическое окно** (meteorological window): Совокупность погодных условий, при которых могут быть выполнены измерения с допустимыми и известными вариациями результатов измерений, обусловленными изменением погодных условий.

3.10 **окно излучения** (emission window): Совокупность условий излучения шума, при которых возможно выполнение измерений с ограниченными вариациями результатов, обусловленными изменениями режимов и условий работы источников шума.

3.11 **радиус кривизны траектории звука R_{cur}** (sound path radius of curvature, R_{cur}): Радиус линии, аппроксимирующий траекторию звука, искривленную вследствие атмосферной рефракции.

Примечание 1 — Выражают в метрах.

Примечание 2 — Чтобы избежать бесконечно больших значений при прямолинейном распространении луча, часто используют обратную величину $1/R_{cur}$.

3.12 **пункт контроля** (monitor): Совокупность средств измерений, составляющих единый автоматизированный комплекс непрерывного контроля изменений уровня звука А, спектра уровня звукового давления и соответствующих атмосферных параметров, таких как скорость и направление ветра, наличие и количество осадков, влажность, стабильность атмосферы и т. д.

* Заменен на IEC 61260-1:2014, IEC 61260-2:2016 и IEC 61260-3:2016.

Примечание — Нет необходимости проводить метеорологические измерения на каждом пункте контроля при условии, что такие измерения проведены неподалеку от пункта контроля и расстояние от места проведения измерений до пункта контроля указано в отчете.

3.13 **автоматизированная система контроля шума** (automated sound monitoring system): Система непрерывного мониторинга шума, включающая один или несколько *пунктов контроля* (3.12), базовый или центральный модуль сбора данных (хост-станцию), программное и аппаратное обеспечение, используемое в ее работе.

3.14 **нормальное условие** (reference condition): Условие измерений, к которому полученные результаты измерений должны быть приведены (отнесены) путем применения поправок.

Примечание — Примерами нормальных условий являются звукопоглощение в воздухе при среднегодовых значениях температуры и влажности, среднегодовые транспортные потоки днем, вечером и ночью соответственно.

3.15 **независимые измерения** (independent measurement): Последовательные измерения, выполненные через промежуток времени, достаточный для того, чтобы как режим работы источника, так и условия распространения звука для каждого измерения были статистически независимыми от таких же условий других измерений в серии.

Примечание — Чтобы получить независимые атмосферные условия, обычно требуется промежуток времени в несколько дней.

3.16 **низкочастотный шум** (low-frequency sound): Шум, включающий частотные компоненты в диапазоне третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами от 25 до 200 Гц.

Примечание — Определение применяют в целях настоящего стандарта. Для специальных измерений диапазон низкочастотного шума может быть расширен и включать в себя октавную полосу со среднегеометрической частотой 16 Гц.

4 Неопределенность измерения

Неопределенность измерения уровней звукового давления, определенных в соответствии с настоящим стандартом, зависит от источника звука и продолжительности измерений, атмосферных условий, расстояния от источника шума, метода и средств измерений. Неопределенность измерения следует определять в соответствии с руководством ИСО/МЭК 98-3 (GUM). Возможны следующие совместимые с GUM подходы к оценке неопределенности:

a) подход на основе модели измерения, заключающийся в выявлении и количественной оценке всех основных источников неопределенности (составлении бюджета неопределенности), связанных известной зависимостью с измеряемой величиной. Этот подход является предпочтительным;

b) подход на основе межлабораторных испытаний, заключающийся в проведении межлабораторных сравнительных испытаний для определения стандартного отклонения воспроизводимости метода измерения.

Примечание 1 — Если для некоторой измеряемой величины существует более одного метода измерения, то учитывают любые систематические отклонения, например, путем применения [1];

c) смешанный подход, заключающийся в совместном применении модели измерения и результатов межлабораторных испытаний. В этом случае межлабораторные испытания используют для оценки тех составляющих неопределенности, вклады которых не могут быть количественно определены из-за отсутствия необходимой информации.

Примечание 2 — Примечание 1 также применимо.

В соответствии с подходом на основе модели измерения должен быть идентифицирован каждый существенный источник неопределенности. Систематические эффекты должны быть по возможности устранены или уменьшены путем внесения соответствующих поправок. Зависимость измеряемой величины L от входных величин x_j представляют в виде формулы

$$L = f(x_1, x_2, x_3, ..., x_j). \quad (1)$$

Если каждой входной величине соответствует стандартная неопределенность u_j, то общую стандартную неопределенность рассчитывают по формуле

$$u(L)=\sqrt{\sum_{1}^{n}\left(c_j u_j\right)^2} \tag{2}$$

в предположении, что все входные величины x_j независимы. При тех же предположениях коэффициенты чувствительности c_j определяют по формуле

$$c_j=\frac{\partial f}{\partial x_j}. \tag{3}$$

Указываемой в протоколе измерений характеристикой неопределенности измерения является расширенная неопределенность для заданной вероятности охвата. Обычно выбирают вероятность охвата 95 %, которой соответствует коэффициент охвата 2. В этом случае результат измерений представляют в виде $L \pm 2u$.

Примечание 3 — Компетентные органы могут устанавливать другие вероятности охвата. Коэффициент охвата 1,3, например, соответствует вероятности охвата 80 %.

При измерении шума окружающей среды сложно и вряд ли возможно вывести точные формулы для функции $f(x_j)$. Следуя принципам, изложенным в [2], можно определить некоторые важные источники неопределенности. Для отдельного измерения применяют формулу:

$$L=L'+10\lg\left(1-10^{-0{,}1\,(L'-L_{res})}\right)+\delta_{sou}+\delta_{met}+\delta_{loc}, \tag{4}$$

где L — оцениваемая при заданных условиях измеряемая величина, дБ;

L' — полученная в результате измерения оценка измеряемой величины, включающая остаточный шум, L_{res}, дБ;

L_{res} — остаточный шум, дБ;

δ_{sou} — входная величина, учитывающая отклонения в режиме работы источника шума от ожидаемого, дБ;

δ_{met} — входная величина, учитывающая отклонение атмосферных условий от ожидаемых, дБ;

δ_{loc} — входная величина, учитывающая вариативность местоположения микрофона, дБ.

Часто $\delta_{sou} + \delta_{met}$ определяют непосредственно по результатам измерений (см. 10.5).

L' и L_{res} зависят от входной величины δ_{slm}, которая описывает погрешности, вносимые измерительной системой (шумомером). Кроме того, L_{res} зависит от входной величины δ_{res}, учитывающей влияние остаточного шума. В таблице 1 приведены оценки входных величин, входящих в формулу (4), и их неопределенности.

Формула (4) является упрощенной, и каждая входная величина в ней является функцией других влияющих величин. В принципе формула (4) может быть применена к любому измерению продолжительностью от нескольких секунд до нескольких лет. В 9.1 измерения подразделяются на долгосрочные и краткосрочные. Краткосрочное измерение обычно может продолжаться от 10 минут до нескольких часов, тогда как типичное долгосрочное измерение — от месяца до года.

В таблице 1 приведены рекомендации по определению c_j и u_j для использования в формуле (2).

Числовые значения, приведенные в таблице 1, относятся только к эквивалентным уровням звука А. Бóльшие неопределенности следует ожидать в отношении максимальных уровней, уровней в полосах частот и уровней тональных составляющих шума. Во многих случаях результаты измерений должны быть скорректированы для приведения к условиям, характеризуемым среднегодовыми значениями (а не теми, что имели место во время измерений). Расчеты неопределенности для таких случаев приведены в приложении F.

Таблица 1 — Пример бюджета неопределенности для измеряемой величины

Величина	Оценка, дБ	Стандартная неопределенность u_j, дБ	Коэффициент чувствительности c_j	Пояснения по применению
$L' + \delta_{slm}$	L'	$u(L')$ 0,5[a]	$\left[1-10^{-0,1(L'-L_{res})}\right]^{-1}$	Приложение F
δ_{sou}	0	u_{sou}	1	7.2—7.5, приложение D
δ_{met}	0	u_{met}	1	Раздел 8, приложение A
δ_{loc}	От 0,0 до 6,0	u_{loc}	1	Приложение B
$L_{res} + \delta_{res}$	L_{res}	u_{res}	$10^{-0,1(L'-L_{res})}\left[1-10^{-0,1(L'-L_{res})}\right]^{-1}$	Приложение F
[a] Оценка 0,5 дБ относится к шумомеру 1-го класса. Для шумомера 2-го класса принимают оценку 1,5 дБ.				

Примечание 4 — Некоторые примеры полных расчетов неопределенности, включая применение электронной таблицы, приведены в приложении G.

5 Средства измерений

5.1 Общие положения

Средства измерений уровня звукового давления, включая микрофоны, кабели, ветрозащитные экраны, записывающие устройства и другие принадлежности, если они используются, должны соответствовать требованиям к шумомерам 1-го класса по МЭК 61672-1 для применения в свободном звуковом поле. Полосовые фильтры должны соответствовать требованиям к фильтрам 1-го класса по МЭК 61260. При измерениях вне помещения всегда следует использовать ветрозащитный экран, избегая при этом измерений при скорости ветра свыше 5 м/с*.

Примечание 1 — Пределы допусков для шумомеров 1-го класса по МЭК 61672-1 применяют в диапазоне температур от минус 10 °С до плюс 50 °С. Если шумомер будет использоваться при температурах вне указанного диапазона, то неопределенность измерения может возрасти.

Примечание 2 — Шум ветра может влиять на результаты измерений уровня звукового давления даже при использовании ветрозащитных экранов. Например, при скорости ветра v, м/с, для микрофона диаметром 13 мм с ветрозащитным экраном диаметром 90 мм уровень звука L_{pA} составляет приблизительно $[-18 + 70 \lg(v/v_0)]$ дБ для ветра, дующего перпендикулярно к мембране микрофона, и $[-32 + 83 \lg(v/v_0)]$ дБ для ветра, дующего параллельно мембране, где v_0 = 1 м/с (см. [3]).

5.2 Проверка калибровки

В начале и в конце каждой серии измерений вся система измерения уровня звукового давления должна быть проверена на одной или нескольких частотах с помощью акустического калибратора, соответствующего требованиям к приборам 1-го класса по МЭК 60942. Без какой-либо дополнительной настройки разница между показаниями для двух последовательных проверок не должна превышать 0,5 дБ. При превышении этого значения результаты измерений, полученные после предыдущей удовлетворительной проверки, считают недостоверными. Для долгосрочного мониторинга в течение нескольких дней и более применяют требования ИСО 20906:2009/Изм. 1:2013.

5.3 Поверка

Соответствие шумомера, фильтров и акустического калибратора требованиям МЭК 61672-3 [4], МЭК 61260 и МЭК 60942 должно быть подтверждено наличием действующего документа о поверке.

Все испытания на соответствие указанным требованиям должны проводиться лабораторией, отвечающей требованиям ИСО/МЭК 17025 для выполнения соответствующих испытаний и калибровок и

* *Рекомендуется использовать данные изготовителя ветрозащитного экрана для оценки его влияния на результаты измерений шума.*

обеспечения метрологической прослеживаемости до соответствующих эталонов измерений. Рекомендуемый межповерочный интервал — один год. Максимально допустимый межповерочный интервал — два года.

5.4 Долгосрочный мониторинг

Максимально допустимая погрешность средств измерений, используемых для метеорологических измерений, не должна превышать:

- ±0,5 °С для измерения температуры;
- ±5,0 % для измерения относительной влажности;
- ±0,5 гПа для измерения барометрического давления;
- ±0,5 м/с для измерения скорости ветра;
- ±5° для измерения направления ветра.

Классификацию метеорологических окон осуществляют в соответствии с разделом 8.

Примечание — Некоторые современные акустические анемометры подходят для прямого измерения параметров, используемых для определения видов метеорологических окон.

6 Общие принципы измерений

6.1 Общие положения

Существует две основные стратегии измерения шума окружающей среды:

a) выполнение однократного измерения в четко определенных атмосферных условиях с тщательным контролем условий и режимов работы источника шума;

b) долгосрочное измерение или множество выборочных измерений, распределенных по времени, с контролем атмосферных условий.

Оба типа измерений требуют последующей обработки измерительных данных.

Каждый результат и каждый тип измерения будут иметь свою неопределенность, которая должна быть рассчитана. Настоящий стандарт не устанавливает верхнюю границу неопределенности измерения. Лицо, которое будет использовать результаты измерений, выполненных в соответствии с настоящим стандартом, должно самостоятельно установить целевую точность измерений.

Долгосрочные уровни, L_{long}, дБ, рассчитывают по формуле

$$L_{\text{long}} = 10\lg\left(\sum_{k=1}^{N_W} p_k 10^{0,1L_k}\right), \tag{5}$$

где p_k — частота появления k-го окна шумового воздействия (сочетания окна излучения и метеорологического окна), $\sum_{k=1}^{N_W} p_k = 1$;

L_k — результат измерений эквивалентного уровня звука $L_{\text{eq},T}$ для k-го окна, дБ;

N_w — количество окон.

Обычно L_k определяют по результатам нескольких измерений по формуле

$$L_k = 10\lg\left(\frac{1}{N_{\text{m}}}\sum_{i=1}^{N_{\text{m}}} 10^{0,1L_i}\right), \tag{6}$$

где L_i — результат независимого измерения для k-го окна, дБ;

N_{m} — количество измерений для k-го окна.

Чтобы иметь возможность рассчитать оценочный уровень L_{den}, дневной, вечерний и ночной периоды должны быть разделены.

Окно шумового воздействия представляет собой совокупность условий излучения шума в определенный период времени (например, день, вечер или ночь) и атмосферных условий (например, одно из четырех метеорологических окон, показанных в таблице 2). Желательно, чтобы для выбранного окна шумового воздействия сохранялись постоянные условия излучения и распространения шума. Зача-

стую условия излучения не зависят от атмосферных условий, но иногда, например в случае авиационного шума, между ними существует тесная взаимосвязь.

Таблица 2 — Группировка результатов измерений по окнам излучения и метеорологическим окнам

Окно излучения	Метеорологическое окно			
	1	2	3	4
1				
2				
N				

Для p_k и L_k следует рассчитать неопределенность. В идеальном случае неопределенность L_k рассчитывают непосредственно на основании результатов большого числа независимых измерений (см. 10.5). Если выполняют только одно или несколько измерений, то неопределенность следует оценивать с использованием другой доступной информации. При отсутствии значений L_k они должны быть оценены с использованием метода прогнозирования. Такие оценки должны также включать оценки неопределенности.

Минимальное требование для значимых одиночных измерений состоит в том, чтобы уровни L_k определялись при благоприятных условиях распространения, как определено в приложении А, и чтобы во время этих измерений контролировались условия работы источника шума.

6.2 Независимые измерения

Для обеспечения независимости двух последовательных измерений без учета сезонных, суточных, недельных или других систематических колебаний можно использовать данные таблицы 3 (см. [5]).

Таблица 3 — Минимальное время (в часах) между двумя последовательными измерениями, необходимое для обеспечения их независимости

Вид источника шума	Интервал между измерениями в зависимости от расстояния до источника шума, м, и времени суток					
	менее 100		от 100 до 300		более 300	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь
Автомобильный транспорт	24 ч	24 ч	48 ч	48 ч	72 ч	72 ч
Железнодорожный транспорт	24 ч	24 ч/источник[a]	48 ч	72 ч	72 ч	72 ч
Промышленные источники	Источник	Источник	48 ч	48 ч	72 ч	72 ч
Авиационный транспорт[b]	Источник	Источник	Источник	Источник	Источник	Источник

[a] Если преобладают грузовые поезда.
[b] Зависит в основном от выполнения полетов.

Примечание 1 — Слово «источник» в таблице 3 указывает, что на минимальное время влияют условия и режим работы источника шума.

Примечание 2 — В таблице 3 «день» относится к светлому времени суток между восходом и заходом солнца, а «ночь» — к темному времени суток между заходом и восходом солнца. Таким образом, содержание и применение терминов «день» и «ночь» в таблице 3 отличается от их определений в 6.1 и использования в разделах 9 и 10.

7 Работа источника шума

7.1 Общие положения

Условия работы источника должны быть репрезентативны с точки зрения создаваемого им шума на местности. Чтобы получить достоверную оценку эквивалентного уровня звукового давления, а также максимального уровня звукового давления на интервале, равном продолжительности измерений, должно быть задано минимально необходимое число акустических событий. Для источников шума наи-

более общих видов указания о шумовой ситуации при измерениях приведены в 7.2—7.5. Количество транспортных средств (автомобили, поезда, самолеты), необходимое для усреднения изменяющегося шума отдельных транспортных единиц, зависит от требуемой точности. Менее распространенные источники шума, такие как водный транспорт, вертолеты и трамваи, специально не рассматриваются.

Эквивалентный уровень звукового давления для шума железнодорожного и воздушного транспорта часто можно определить путем измерений нескольких уровней звукового воздействия при прохождении единичного транспортного средства и расчета на их основе эквивалентного уровня звукового давления.

Если измеренные значения должны быть скорректированы с учетом других условий работы с применением определенных моделей прогнозирования, условия работы должны описываться параметрами, используемыми в качестве соответствующих входных данных в модели прогнозирования. Общая неопределенность измерения будет зависеть от точности модели и определения этих параметров.

Примечание 1 — Руководство по приведению результатов измерений к нормальным условиям и режиму работы приведено в приложении D.

В настоящем стандарте не рассматриваются возможные дополнительные проблемы с низкочастотными источниками звука, такими как вертолеты, вибрация мостов, поезда метро, грузовые поезда, шахты, штамповочное производство, пневматическое строительное оборудование и т. д. Низкочастотный шум рассматривается в ИСО 1996-1:2016 (приложение С). Процедуры измерений низкочастотного шума приведены в 9.2.2 и 9.3.2.8.

7.2 Автотранспортные средства

7.2.1 Измерения $L_{eq,T}$

При измерениях $L_{eq,T}$ подсчитывают количество прошедших автомобилей на интервале, равном продолжительности измерений. Если результаты измерений должны быть приведены к условиям другого транспортного потока, то необходимо выделить по крайней мере три категории автомобилей: «легковые автомобили», «среднетяжелые автомобили (2 оси)» и «тяжелые автомобили (не менее трех осей)». Для определения репрезентативности условий движения измеряют среднюю скорость движения и указывают состояние и тип дорожного покрытия.

Количество проезжающих транспортных средств, необходимое для усреднения шума отдельных транспортных средств, зависит от требуемой точности. Если информация о точности отсутствует, то оценку стандартной неопределенности u_{sou}, дБ, из таблицы 1 можно получить по формуле*

$$u_{sou} = \frac{C}{\sqrt{n}}, \tag{7}$$

где n — количество проехавших транспортных средств.

Для смешанного транспортного потока C = 10; для потока, состоящего только из большегрузных автомобилей, C = 5; для потока, включающего исключительно легковые автомобили, C = 2,5. В каждом случае более точную оценку стандартной неопределенности можно получить из статистики прямых измерений уровня звукового воздействия L_E отдельных транспортных средств либо по их категориям, либо по репрезентативному составу трафика.

7.2.2 Измерения L_{max}

Максимальные уровни звукового давления у разных категорий автомобилей различны. Кроме того, в каждой категории имеется определенный разброс максимальных уровней звукового давления для разных транспортных средств вследствие различия между автомобилями, скоростями движения или манерами вождения. В зависимости от целей измерения максимальный уровень звукового давления может быть либо получен непосредственным измерением для заданного количества прошедших транспортных средств, либо рассчитан на основе среднего арифметического значения и стандартного отклонения с использованием статистической теории (см. приложение Н).

---

* *Здесь, а также в формулах (8) и (9) С — безразмерный параметр, оценка которого зависит от вида рассматриваемых транспортных средств, состава трафика, условий и процедуры измерений.*

7.3 Железнодорожный транспорт

7.3.1 Измерения $L_{eq,T}$

При прямых измерениях $L_{eq,T}$ либо L_E подсчитывают количество прошедших поездов с учетом скорости и длины поездов или подсчитывают количество прошедших вагонов на интервале времени измерения. Если результаты измерений должны быть приведены к условиям другого трафика, то следует различать по крайней мере следующие категории: высокоскоростные поезда, междугородние поезда, пригородные поезда, грузовые поезда и дизель-поезда. Для повышения точности измерений в случае грузовых поездов следует регистрировать длину поезда и тип тормозов (дисковые тормоза, колодочные тормоза с использованием чугунных или композиционных колодок).

Количество проезжающих поездов, необходимое для усреднения шума, зависит от требуемой точности. Если информация о точности отсутствует, то оценку стандартной неопределенности u_{sou}, дБ, из таблицы 1, можно получить по формуле

$$u_{sou} = \frac{C}{\sqrt{n}}, \tag{8}$$

где n — количество прошедших поездов.

Если выборка производилась независимо от условий движения, выбирают $C = 10$, однако при учете в трафике относительной частоты поездов разного типа (грузовые, пассажирские и т. д.) это значение может быть уменьшено до 5. В любом случае более точную оценку стандартной неопределенности можно получить из статистических данных прямых измерений L_E отдельных поездов по категориям, либо по репрезентативному смешанному трафику.

7.3.2 Измерения L_{max}

Максимальные уровни звукового давления у разных категорий поездов различны. Кроме того, в каждой категории имеется определенный разброс максимальных уровней звукового давления для разных транспортных средств вследствие различия входящих в поезд единиц подвижного состава и разных скоростей движения. В зависимости от целей измерения максимальный уровень звукового давления может быть либо получен непосредственным измерением по заданному количеству прошедших поездов, либо рассчитан на основе среднего арифметического значения и стандартного отклонения с использованием статистических методов (см. приложение Н).

7.4 Воздушный транспорт

7.4.1 Измерения $L_{eq,T}$

Эквивалентный уровень звукового давления $L_{eq,T}$ определяют на основе измерений уровня звукового воздействия L_E в репрезентативном режиме работы аэропорта, который включает схему движения (использование взлетно-посадочной полосы, режимы взлета и посадки, состав парка воздушных судов, распределение движения по времени суток), а также условия распространения шума. Основной измеряемой величиной является корректированный по А уровень звукового воздействия L_{AE}, но для определения принадлежности акустического события к воздушному судну могут быть важны и другие параметры, включая:

- уровни звука А, непрерывно регистрируемые с частотой дискретизации не менее 10 Гц;
- максимальный уровень звука L_{ASmax};
- время регистрации максимального уровня звука;
- продолжительность акустического события.

Примечание 1 — Дополнительную информацию об измерениях авиационного шума можно найти в ИСО 20906.

Все измеряемые авиационные акустические события (воздушные суда) должны быть идентифицированы и при необходимости сгруппированы в соответствии с размером (массой) и техническими особенностями. Количество классов и отнесение воздушных судов к классам подлежат обсуждению с администрацией аэропорта или контролирующими органами.

Примечание 2 — Коды для идентификации различных типов воздушных судов приведены в [6].

Необходимые данные, предоставляемые администрацией аэропорта:

a) количество операций для каждой группы воздушных судов в течение каждого окна излучения;

b) типичный трафик (усредненные данные о воздушном потоке по типу воздушного судна/по условиям эксплуатации).

Взлетно-посадочная полоса может использоваться в обоих направлениях для взлета и посадки в зависимости от атмосферных условий. Для крупных аэропортов с двумя и более взлетно-посадочными полосами ситуация более сложная. Конкретный режим использования взлетно-посадочных полос известен как «конфигурация аэропорта». Для определения долгосрочного составного оценочного уровня, такого как L_{den} или L_{dn}, важно, чтобы каждая конфигурация измерялась в отдельном окне и чтобы результаты были взвешены в соответствии с использованием каждой конфигурации в течение «типичного» года.

При определении среднего составного оценочного уровня на основе измерений L_E в течение недели или месяца для конкретной конфигурации аэропорта условия его эксплуатации (схема движения и условия распространения шума) в течение периода измерений должны быть проверены на репрезентативность для данной конфигурации.

Количество акустических событий, необходимых для усреднения шума, создаваемого отдельными воздушными судами, для конкретной конфигурации аэропорта зависит от требуемой точности. Если информация о точности отсутствует, то оценку стандартной неопределенности u_{sou}, дБ, из таблицы 1, можно получить по формуле

$$u_{sou} = \frac{C}{\sqrt{n}}, \tag{9}$$

где n — количество акустических событий.

Если выборка акустических событий производилась независимо от условий эксплуатации воздушных судов, то выбирают $C = 4$; если выборка учитывает относительную встречаемость типов воздушного судна и режимов полета, то принимают $C = 3$ для взлетающего реактивного самолета, $C = 4$ для других выборок акустических событий без учета типа воздушного судна, $C = 2$ для всех приземляющихся реактивных самолетов и $C = 3$ для других приземляющихся самолетов.

При определении составного оценочного уровня для конкретной конфигурации аэропорта путем измерения L_E всех наблюдаемых акустических событий, связанных в течение периода измерений с воздушным судном, при отсутствии информации об условиях эксплуатации аэропорта можно принять следующую стандартную неопределенность u_{sou}, обусловленную изменением излучения авиационного шума: $u_{sou} = 3$ дБ в течение отдельного дня, $u_{sou} = 2$ дБ в среднем за неделю и $u_{sou} = 1$ дБ в течение периода, превышающего месяц.

7.4.2 Измерения L_{max}

Если целью является измерение максимального уровня звукового давления, создаваемого воздушным транспортом в конкретном жилом районе, следует убедиться, что период измерения включает типы воздушных судов с самым высоким уровнем шума и ближайшие к району маршруты полета. В зависимости от целей измерения максимальный уровень звукового давления может быть либо получен непосредственным измерением по заданному количеству пролетов, либо рассчитан на основе среднего арифметического значения и стандартного отклонения с использованием статистических методов (см. приложение Н).

7.5 Промышленные предприятия

7.5.1 Измерения $L_{eq,T}$

Режимы работы источников шума делят на классы таким образом, чтобы в каждом классе вариации излучения звука источником могли быть представлены в виде стационарного случайного процесса. Эти вариации должны быть меньше вариаций затухания звука вдоль траектории распространения для разных погодных условий (см. раздел 8). Режим работы источника определяют как сочетание вида деятельности и места ее осуществления. Для этого, например, измеряют значения $L_{eq,T}$ в течение 5—10 минут на некотором расстоянии, достаточно большом, чтобы учитывать влияние шума от всех основных источников, и в то же время достаточно малым, чтобы свести к минимуму метеорологические эффекты (см. раздел 8). Если разброс получаемых значений $L_{eq,T}$ значителен, то должна быть проведена новая классификация режимов работы.

Для каждого режима работы измеряют $L_{eq,T}$, после чего рассчитывают результирующий эквивалентный уровень звукового давления, принимая во внимание частоту и продолжительность каждого режима работы.

Чтобы выполнить расчеты неопределенности в соответствии с разделом 4, необходимо оценить стандартную неопределенность, связанную с режимами работы. Один из способов сделать это — по-

вторить измерения несколько раз на расстоянии, достаточно близком к источнику, чтобы изменения уровня звукового давления не зависели от атмосферных условий, и рассчитать u_{sou}, дБ, по формуле

$$u_{sou} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(L_{mi} - \overline{L_m}\right)^2}{n-1}}, \quad (10)$$

где L_{mi} — результаты измерений для типичного рабочего цикла источника, дБ;

$\overline{L_m}$ — среднее арифметическое всех L_{mi}, дБ;

n — общее количество независимых измерений.

7.5.2 Измерения L_{max}

Если целью является измерение максимального уровня звукового давления шума от промышленных предприятий, следует убедиться в том, что период измерения включает режим работы предприятия с самым высоким уровнем шума, возникающим в непосредственной близости от места расположения микрофона. В зависимости от целей измерения максимальный уровень звукового давления может быть либо получен непосредственным измерением по заданному количеству рабочих циклов, либо рассчитан на основе среднего арифметического значения и стандартного отклонения с использованием статистических методов (см. приложение Н).

8 Атмосферные условия

8.1 Общие положения

Уровни звукового давления на местности зависят от атмосферных условий. В случае мягкого грунта эту зависимость можно не учитывать при выполнении соотношения

$$\frac{h_s - h_r}{D} \geq 0{,}1, \quad (11)$$

где h_s — высота источника шума;

h_r — высота позиции микрофона;

D — горизонтальное расстояние между источником шума и микрофоном.

Для твердого грунта зависимостью от атмосферных условий можно пренебречь при бóльших значениях расстояния D.

Атмосферные условия должны быть определены как для долгосрочных, так и для краткосрочных измерений. Как минимум следует измерять скорость и направление ветра, относительную влажность и температуру воздуха. Кроме того, следует дать характеристику атмосферной стабильности либо на основе непосредственных измерений, либо по косвенным признакам — наличию облачности и времени суток (см. приложение А). Приводят данные об осадках, если таковые имеются. Для определения условий распространения звука в направлении кратчайшего расстояния от источника до принимающего микрофона используют классы метеорологических окон, как указано в таблице 4, которые вписывают в таблицу измерений по 6.1. Радиус кривизны звукового луча R_{cur} определяют либо по данным таблицы 4, либо расчетным методом по измеренным атмосферным параметрам в соответствии с приложением А. Радиус кривизны отрицателен, когда траектория распространения звука изгибается вверх, а знак минус у скорости ветра указывает на то, что ветер направлен от микрофона к источнику.

Примечание — Допускаются альтернативные по отношению к таблице 4 описания атмосферных условий распространения звука, если они обеспечивают достижение необходимой кривизны траектории.

Приведенные здесь общие положения могут оказаться непригодными для высоких источников шума, таких как ветрогенераторы, где существенную роль играют слоистость атмосферы и турбулентность.

Таблица 4 — Метеорологические окна

Обозначение метеорологического окна	Диапазон изменения D/R_{cur}	Репрезентативное значение D/R_{cur}	Оценочное описание окна
M1[a]	Менее −0,04	−0,08	Неблагоприятное
M2[b]	От −0,04 до 0,04	0,00	Среднее
M3[c]	От 0,04 до 0,12	0,08	Благоприятное
M4[d]	Более 0,12	0,16	Наиболее благоприятное

[a] Типичное значение компоненты вектора скорости ветра на высоте 10 м — менее 1 м/с днем и менее минус 1 м/с ночью.
[b] Типичное значение компоненты вектора скорости ветра на высоте 10 м — от 1 до 3 м/с.
[c] Типичное значение компоненты вектора скорости ветра на высоте 10 м — от 3 до 6 м/с.
[d] Типичное значение компоненты вектора скорости ветра на высоте 10 м — свыше 6 м/с днем и не менее минус 1 м/с ночью.

8.2 Благоприятные условия распространения

При ограниченном количестве кратковременных измерений (одно или несколько) их следует выполнять при благоприятных или наиболее благоприятных условиях распространения звука (метеорологическое окно M3 или M4) или при соблюдении условия, выраженного формулой (11). В этом случае при отсутствии данных, позволяющих получить более точную оценку, можно принять значение стандартной неопределенности $u_{met,fav}$, дБ, определяемое в зависимости от расстояния D, м, по формулам:

$$u_{met,fav} = 2 \text{ при } D \le 400; \tag{12}$$

$$u_{met,fav} = \left(1 + \frac{D}{400}\right) \text{ при } D > 400. \tag{13}$$

Благоприятные условия может быть трудно получить в случае авиационного шума, поскольку направление взлета и посадки зависит от составляющей вектора скорости ветра вдоль взлетно-посадочной полосы. Для некоторых мест расположения микрофонов благоприятных условий распространения звука может не существовать.

8.3 Влияние осадков на измерения

Осадки, попадающие на ветрозащитный экран микрофона, могут создавать посторонние шумы. Результаты измерений, полученные в таких условиях, следует признать недостоверными, если только не будет доказано, что эффект, вызванный осадками, был незначительным. После прекращения выпадения осадков акустические свойства ветрозащитного экрана могут измениться. Если количество выпавших осадков h превышает 1 мм, то для стандартных ветрозащитных экранов (диаметром 9 см) данный эффект может оказаться значительным для частот свыше 1 кГц. В этом случае влияние осадков остается значимым в течение времени T, необходимого для высыхания ветрозащитного экрана. При $h \ge 1$ мм время T можно оценить по формуле

$$T = 16{,}3\lg[7{,}4\lg(h) + 1{,}5] - 2{,}8, \tag{14}$$

где T — интервал времени, ч;

h — количество осадков, мм.

Примечание — Формула (14) дает достаточно грубую оценку T, поскольку на практике на время высыхания экрана могут существенно влиять скорость ветра, прямое попадание солнечных лучей и относительная влажность (см. [17]).

Если влияние осадков существенно, то результаты измерений можно считать достоверными при соответствующем увеличении неопределенности измерения.

9 Процедуры измерений

9.1 Выбор продолжительности измерений

9.1.1 Долгосрочные измерения

По возможности учитывают максимальное число наиболее важных условий излучения и распространения шума. Измерения группируют, чтобы избежать систематических погрешностей при определении рабочих режимов источника шума. Условия эксплуатации и режим работы источника шума (например, трафик и условия движения транспортных средств) должны быть максимально репрезентативными, чтобы свести к минимуму последующие корректировки. Особенно важно использовать окна излучения, в наибольшей степени способствующие определению долгосрочного эквивалентного уровня звукового давления L_{long}. Если в различные сезоны года условия распространения или условия излучения сильно различаются, например, из-за применения зимних шин и наличия снежного покрова, то может потребоваться проведение измерений в течение нескольких сезонов для уменьшения неопределенности измерения.

Оценочный уровень L_{den} для постоянного промышленного шума определяют по ночным значениям.

9.1.2 Краткосрочные измерения

Продолжительность измерения выбирают такой, чтобы охватить все существенные изменения в шумовом излучении. Если шум периодический, то продолжительность измерения по возможности должна охватывать целое число периодов. Если непрерывные измерения при выбранной продолжительности не могут охватить весь цикл, то цикл разбивают на части, равные продолжительности измерений таким образом, чтобы совокупность измерений охватывала полный цикл. Продолжительность измерений может быть увеличена, чтобы охватить период, на котором результаты измерений остаются репрезентативными, и для получения новых результатов. Если шум возникает в результате отдельных акустических событий (например, пролета воздушного судна, при котором шум изменяется во время пролета и отсутствует в течение значительной части контролируемого интервала времени), продолжительность измерения T выбирается таким образом, чтобы можно было определить уровень звукового воздействия $L_{E,T}$ единичного акустического события.

При кратковременных измерениях, требующих благоприятных условий, включая распространение шума на расстояния, выходящие за пределы применимости формулы (11), минимальное время усреднения для усреднения фактических атмосферных условий составляет 10 мин. Однако для достижения достаточного усреднения по режиму работы источника шума может потребоваться больше времени.

9.2 Расположение микрофона

9.2.1 Вне помещения

9.2.1.1 Выбор места измерения

Позиции микрофона должны быть выбраны так, чтобы свести к минимуму влияние остаточного шума от посторонних источников.

Примечание — Некоторые рекомендации по выбору места измерения приведены в приложении С.

9.2.1.2 Выбор позиции микрофона

Выбирают один из следующих вариантов установки микрофона:

a) при необходимости оценить шум в заданном месте микрофон помещают в это место;

b) в остальных случаях возможен один из следующих вариантов:

1) измерения в свободном звуковом поле (нормальное условие измерений).

Примечание 1 — Реальные измерения в условиях свободного звукового поля возможны при отсутствии существенных отражений. В пределах городской застройки измерения приходится выполнять вблизи зданий с отражающими звук поверхностями. В этом случае результаты измерений для волны, падающей на фасад здания, приводят к условиям свободного звукового поля, как указано в перечислениях 2) и 3), исключая при этом отражения от каких-либо зданий позади микрофона. Измерения проводят также на противоположной стене здания, которое в данном случае выступает в качестве акустического экрана для падающей волны, однако при этом перечисления 2) и 3) не применяют, и звук, отраженный от этой стены, вносит вклад в общий результат измерений;

2) установка микрофона заподлицо со звукоотражающей поверхностью. В этом случае для получения уровня звука падающей волны из измеренного уровня вычитают 6 дБ. Если условия установки микрофона соответствуют приложению В, то вычитают 5,7 дБ. При других условиях используют другие поправки.

Примечание 2 — Значение 6 дБ — это разность уровней звукового давления в падающей волне и измеренного на фасаде здания при идеальном отражении звука. На практике возможны незначительные отклонения от этого значения. Дополнительные сведения приведены в приложении В;

3) установка микрофона на расстоянии от 0,5 до 2 м перед звукоотражающей поверхностью. В этом случае, если условия установки микрофона соответствуют приложению В, для получения значения поля падающей волны к измеренному полю применяют коррекцию 3 дБ. При других условиях используют другие коррекции.

Примечание 3 — В идеальном случае, когда отсутствуют другие вертикальные препятствия, влияющие на распространение звука к микрофону, разность уровней звукового давления микрофона, установленного на расстоянии 2 м от фасада здания, и микрофона в свободном звуковом поле близка к 3 дБ. В сложных ситуациях (например, большая плотность застройки, узкая улица с высокими зданиями) эта разность может быть много больше. Однако даже в идеальном случае могут быть некоторые ограничения. При падении звуковой волны, близком к скользящему, такое положение микрофона не рекомендуется, так как разность уровней звукового давления может быть большой. Дополнительные сведения приведены в приложении В.

Может быть использован любой из вышеперечисленных способов установки микрофона при условии, что он указан в протоколе измерений вместе с примененной (при необходимости) коррекцией для приведения к нормальным условиям измерений. В некоторых особых случаях на указанные выше позиции микрофона распространяются дополнительные ограничения.

При составлении шумовых карт местности, если не указано иное, в многоэтажных жилых массивах используют микрофоны, установленные на высоте (4,0 ± 0,2) м над уровнем земли.

9.2.2 В помещении

Используют по меньшей мере три точки измерений, равномерно распределенные по площади помещения, в котором преимущественно большую часть времени могут находиться люди. При непрерывном шуме в качестве альтернативного способа может быть применен перемещаемый микрофон.

Если предполагают наличие доминирующего низкочастотного шума, то одна из трех точек должна быть в углу помещения и вращающийся микрофон в этом случае не применяют. Угловая точка должна быть в 0,5 м от ограждающих поверхностей угла с наиболее толстыми стенами и не ближе 0,5 м от любых отверстий в стене.

Другие микрофоны должны быть установлены по меньшей мере в 0,5 м от стен, пола или потолка и по меньшей мере в 1 м от наиболее шумных элементов (окон, вентиляционных отверстий и т. д.). Расстояние между соседними микрофонами должно быть не менее 0,7 м. Если используют непрерывно движущийся микрофон, то радиус траектории его вращения должен быть не менее 0,7 м. Плоскость вращения должна быть наклонной, чтобы охватить большую доступную часть пространства помещения, и образовывать угол не менее 10° с любой поверхностью помещения. Вышеуказанные требования к расстояниям от микрофона до стен, потолка, пола и излучающих шум элементов относятся также к движущемуся микрофону. Продолжительность сканирования микрофона по траектории должна быть не менее 15 с.

Примечание 1 — В случае измерений уровней звука А при малом вкладе низкочастотных составляющих может быть достаточно одной позиции микрофона.

Примечание 2 — Вышеописанная методика применима главным образом для помещений объемом менее 300 м^3. В больших помещениях, возможно, потребуется большее число точек измерений.

Примечание 3 — Национальные нормативные документы и правила могут предписывать другие, отличные от вышеуказанных правила для определения позиций микрофонов.

9.3 Измерения

9.3.1 Автоматические долгосрочные измерения

9.3.1.1 Измеряемые величины

Пункт контроля должен непрерывно измерять и сохранять уровни звука А общего шума в виде временных рядов значений, усредненных на интервале времени 1 с или менее. Необходимо регистрировать соответствующие метеорологические данные. При необходимости возможна регистрация также других данных.

9.3.1.2 Отметка времени

Система контроля шума отдельных акустических событий должна иметь точные часы для определения даты и времени суток для каждого измеренного события и связанных с ними явлений.

9.3.1.3 Обнаружение акустических событий

Автоматический долгосрочный мониторинг одиночных акустических событий возможен только при надежном и точном обнаружении и идентификации события с целью включения в результат или исключения из него. В зависимости от ситуации могут быть использованы разные методы идентификации. Неопределенность измерения, обусловленную методом идентификации, оценивают и регистрируют.

9.3.2 Краткосрочные измерения при участии оператора

9.3.2.1 Общие положения

Выполняют измерения одной или нескольких величин, указанных в настоящем пункте.

9.3.2.2 Эквивалентный уровень звукового давления на интервале времени T, $L_{eq,T}$

При краткосрочных измерениях выполняют измерения в полосах частот в течение не менее 30 мин с целью усреднения изменений атмосферных параметров вдоль трассы распространения звука. Если выполнены условия формулы (11) или если условия распространения являются благоприятными (см. 8.2), то обычно достаточно 10 минут. Это минимальное время следует увеличить для получения репрезентативной выборки по режиму работы источника шума (см. раздел 7).

Примечание — Для внесения поправок с использованием методов прогнозирования могут потребоваться данные в третьоктавных полосах частот.

9.3.2.3 Уровень звукового воздействия $L_{E,T}$ на интервале времени T

В соответствии с разделом 7 измеряют минимальное количество акустических событий, производимых источником шума. Продолжительность измерения каждого акустического события должна быть достаточной для охвата существенных шумовых составляющих. Если акустическое событие заключается в прохождении транспортного средства, то измерения выполняют до тех пор, пока уровень звукового давления не уменьшится не менее чем на 10 дБ от максимального уровня звукового давления, фактически зарегистрированного для данного события. Транспортные средства разделяют на категории в соответствии с выбранным методом прогнозирования.

Примечание — Для внесения поправок с использованием методов прогнозирования могут потребоваться данные в третьоктавных или октавных полосах частот.

9.3.2.4 Уровень N-процентного превышения $L_{N,T}$ на интервале времени T

На интервале времени T регистрируют краткосрочные значения $L_{eq,t}$ ($t \leq 1$ с) по крайней мере раз в секунду или отсчеты уровня звукового давления с периодом следования менее постоянной времени используемой временной характеристики шумомера. Устанавливают шаг дискретизации уровня, который не должен превышать 1,0 дБ, и округляют (в большую сторону) результаты измерений до соответствующих дискретных уровней. В протоколе испытаний указывают измеряемую величину [$L_{eq,t}$ или L_X, где X— обозначение временной характеристики шумомера: F (быстро) или S (медленно)], на основе которой рассчитано значение $L_{N,T}$, вместе с периодом следования отсчетов (для L_X) и шагом дискретизации уровня (например, «на основе выборки L_F с периодом следования отсчетов 10 мс и интервалом дискретизации уровня 0,2 дБ» или «на основе значений $L_{eq,1s}$ с интервалом дискретизации уровня 1 дБ»).

9.3.2.5 Максимальный корректированный по времени уровень звукового давления $L_{F,max}$ или $L_{S,max}$

Используя заданную временную характеристику шумомера F (быстро) или S (медленно), измеряют уровни $L_{F,max}$ или $L_{S,max}$ для определенного количества акустических событий, связанных с работой источника шума в соответствии с разделом 6. Все результаты регистрируют в протоколе испытаний.

9.3.2.6 Тональный шум

Если шум в позиции микрофона содержит слышимые тоны, следует провести объективное измерение значимости тонов. Выбирают места расположения микрофонов, где тоны слышны в наибольшей мере, и анализируют их техническим методом по приложению J, или ориентировочным методом по приложению K.

Примечание 1 — В общем случае проводить тональный анализ шума в помещении не рекомендуется из-за формирования модальной структуры звукового поля. Для некоторых частотных полос он также затруднен при установке микрофона перед фасадом здания.

Примечание 2 — Некоторые национальные стандарты и правила допускают субъективную оценку тональности шума.

9.3.2.7 Импульсный шум

Не существует стандартизованного на международном уровне метода оценки параметров импульсного шума посредством объективных измерений. Если шум по предположению является импульсным, то идентифицируют его источник и проверяют его соответствие критериям ИСО 1996-1. Дополнительно убеждаются в достаточной репрезентативности шума на интервале измерений для его регистрации.

Примечание — Известны методы объективных оценок импульсного шума, стандартизованные на региональном или национальном уровне (см., например, [7] и [8]).

9.3.2.8 Низкочастотный шум

Внутри помещения выбирают три позиции микрофона по 9.2.2. Вне помещения измерения проводят в свободном звуковом поле или на фасаде здания (см. приложение В).

Методы измерений настоящего стандарта, как правило, применимы вплоть до октавного диапазона со среднегеометрической частотой 16 Гц. Однако для таких низкочастотных измерений микрофон должен находиться на расстоянии не менее 16 м от ближайшей эффективно отражающей звук поверхности (земная поверхность к ним не относится), чтобы звуковое поле можно было считать свободным (падающая звуковая волна).

Примечание 1 — Для измерений низкочастотного шума положения 9.2.1.2 b) в отношении позиции микрофона перед звукоотражающей поверхностью не используют.

Примечание 2 — Чтобы избежать слишком большого разброса результатов спектрального анализа на низких частотах, важно соблюдать правило $BT >> 1$ (где B — ширина полосы частот анализа, Гц, T — время усреднения, с). В частности, следует соблюдать осторожность при использовании данных автоматизированных измерений, когда неявно анализу могут подвергаться короткие непрерывные фрагменты записей. Низкочастотные данные требуют более длительного времени усреднения.

Так, на частоте 10 Гц, которой соответствует третьоктавная полоса шириной 2,3 Гц, рекомендуются использовать непрерывные выборки измерений продолжительностью не менее 5 с. Для частоты 50 Гц ширина третьоктавной полосы составляет 11,6 Гц, и допустимо получение данных на основе односекундных выборок. Данные рекомендации основаны на соотношении $BT \approx 10$, что соответствует теоретическому стандартному отклонению 1,4 дБ для белого шума.

9.3.3 Остаточный шум

При измерении шума окружающей среды остаточный звук часто представляет собой проблему. Одна из причин заключается в том, что нормативные документы могут содержать требования раздельного анализа шума от источников разного типа. Такое разделение (например, транспортного шума и шума промышленного предприятия), на практике бывает трудно осуществимым. Другая причина состоит в том, что измерения обычно выполняют вне помещений. Шум ветра, непосредственно воздействующий на микрофон и косвенно воздействующий на деревья, здания и т. д., может дополнительно повлиять на результат измерений. Характер источников остаточного шума может затруднить или сделать невозможным внесение каких-либо поправок. Однако для применения коррекций (см. 10.4) и расчета неопределенности измерения (см. раздел 4) необходимо измерить остаточный шум и оценить его стандартную неопределенность.

Примечание — Некоторые рекомендации по определению остаточного шума приведены в приложении I.

9.3.4 Измерения в полосах частот

Если требуется выполнить частотный анализ шума, то измеряют уровни звукового давления с помощью октавных фильтров (если не установлено иное) в полосах частот со среднегеометрическими частотами: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для низкочастотных приложений диапазон измерений расширяют включением октавных полос 31,5 Гц и (при необходимости) 16 Гц. Дополнительно измерения могут быть выполнены в третьоктавных полосах, входящих в вышеуказанные октавные полосы.

9.3.5 Измерения атмосферных параметров

Следует измерять следующие атмосферные параметры:

а) скорость ветра;

б) направление ветра, температуру и относительную влажность воздуха;

в) наличие и объем осадков;

г) стабильность атмосферы (например, косвенным образом через облачность и время суток).

Скорость и направление ветра следует измерять на высоте 10 м. Условия измерений на практике могут ограничить высоту измерений, но при высоте менее 10 м измерения скорости и направления ветра приводят к большей неопределенности измерения шума. Данные, приведенные в настоящем стандарте, основаны на измерениях на высоте 10 м.

10 Оценка результатов измерений

10.1 Общие положения

Из полученных результатов измерений следует исключить все данные, относящиеся к нежелательным акустическим событиям (см. приложение E), или с чрезмерно сильным остаточным шумом (см. приложение I). Все результаты измерений, выполненных вне помещения, корректируют для приведения к нормальным условиям измерений по расположению микрофона (см. приложение D), то есть к уровням свободного поля с учетом всех отражений от поверхности земли и вертикальных объектов и с исключением отражения от фасада, расположенного сразу за микрофоном. После этого, если применимо:

a) каждую выборку результатов измерений связывают с определенным окном (в зависимости от атмосферных условий и/или режима или условий работы источника шума);

b) корректируют полученные значения, вводя поправку на остаточный шум по формуле (16), или исключают выборку, если остаточный шум слишком велик;

c) приводят каждую выборку к нормальным условиям измерений, включающим типичные условия дорожного движения и нормальные атмосферные условия (см. руководство в приложении D).

Примечание 1 — Различают нормальные условия для дневного, вечернего и ночного времени суток;

d) рассчитывают $L_{eq,T}$, дБ, для каждого окна по формуле

$$L_{eq,T} = 10\lg\frac{\sum_{i=1}^{N}\Delta T_i 10^{0,1L_{eq,i}}}{\sum_{i=1}^{N}\Delta T_i}, \quad (15)$$

где ΔT_i — продолжительность i-го измерения в пределах окна, с;

$L_{eq,i}$ — результат измерения эквивалентного уровня звукового давления на интервале ΔT_i, дБ;

N — число измерений в пределах окна.

Примечание 2 — Если был измерен уровень звукового воздействия L_E, то соответствующий эквивалентный уровень звукового давления $L_{eq,T}$ рассчитывают, как описано в 10.6.2;

e) с учетом частоты появления каждого окна на соответствующем интервале времени рассчитывают среднее значение уровня для всех окон по формуле (5);

f) рассчитывают неопределенность измерения по правилам, изложенным в разделе 4 и в соответствующих приложениях настоящего стандарта.

10.2 Определение $L_{E,T}$, $L_{eq,T}$ и $L_{N,T}$

10.2.1 Определение $L_{E,T}$ и $L_{eq,T}$

Для каждой позиции микрофона, каждого режима и условий работы источника шума определяют энергетическое среднее $L_{E,T}$ и $L_{eq,T}$.

Примечание — Руководство по коррекции $L_{eq,T}$ для получения оценочных уровней приведено в ИСО 1996-1.

10.2.2 Определение $L_{N,T}$

Для получения уровня N-процентного превышения выборочные значения анализируют статистическими методами.

10.3 Обработка неполных или поврежденных данных

10.3.1 Общие положения

Система контроля шума или один из ее пунктов контроля может прекратить сбор или обработку достоверных данных о шуме в результате сбоя питания, чрезмерного шума ветра, неисправности оборудования и т. д. В связи с этим должны быть предусмотрены меры для оповещения оператора о таких случаях, чтобы способствовать быстрому возобновлению работы и свести к минимуму потерю данных. Если данные утеряны безвозвратно или признаны недействительными, расчеты уровня шума должны быть соответствующим образом изменены. Например, если в определенный день имеет место несколько часов простоя системы, то усреднение для определения эквивалентного уровня звука в течение дня следует выполнять только на тех временных интервалах, по которым имеются данные, а не в течение всего дня. При другом подходе учитывают только те дневные или ночные часы, для которых условия измерения были приемлемыми. Все такие данные должны сопровождаться сведениями об обстоятельствах измерений и обработки.

10.3.2 Шум ветра

Использование данных, собранных в ветреную погоду, приводит к повышению неопределенности измерения. Если во время каждого акустического события известна локальная скорость ветра в месте расположения микрофона, ее следует указывать в протоколе испытаний. Должны быть помечены данные измерений, выполненных в условиях, когда шум от ветра превышает границу, находящуюся на 5 дБ ниже значения уровня звукового давления, определенного в ходе измерений.

Примечание — В некоторых случаях влияние ветра можно идентифицировать по специфическому спектру (обычно это широкополосный шум с преобладанием низких частот).

10.4 Коррекция на уровень остаточного шума

Если уровень звукового давления остаточного шума высок, т. е. превышает границу, находящуюся на 3 дБ ниже значения уровня звукового давления, определенного в ходе измерений, то исправлять результат измерений внесением поправки не допускается. Неопределенность таких измерений будет большой. Тем не менее, полученные результаты могут быть зарегистрированы и использоваться для определения верхней границы уровня звукового давления исследуемого источника. В таких случаях в протоколе испытаний, а также в прилагаемых к нему графиках и таблицах результатов следует явно указать, что требования настоящего стандарта не выполнены.

Если уровень звукового давления остаточного шума ниже измеренного уровня звукового давления более чем на 3 дБ, выполняют коррекцию результата измерений по формуле

$$L = 10\lg(10^{L'/10} - 10^{L_{res}/10}), \quad (16)$$

где L — скорректированный уровень звукового давления, дБ;

L' — измеренный уровень звукового давления, дБ;

L_{res} — уровень звукового давления остаточного шума, дБ.

10.5 Определение стандартной неопределенности

Неопределенность измерения, определяемая непосредственно по результатам измерений, представляет собой суммарную неопределенность излучения источника шума и атмосферных условий. Для каждого из периодов она определяется отдельно, например для дневного, вечернего, ночного времени и, при необходимости, для разных сезонов. Стандартную неопределенность измерения в k-м окне u_k, дБ, определяют по формуле

$$u_k = 10\lg(10^{0,1L_k} + S_k) - L_k, \quad (17)$$

где L_k — уровень звукового давления, дБ, энергетически усредненный по N_m независимым измерениям в k-м окне и определяемый по формуле

$$L_k = 10\lg\left(\frac{1}{N_m}\sum_{i=1}^{N_m} 10^{0,1L_i}\right); \quad (18)$$

S_k — безразмерная величина, рассчитываемая по формуле

$$S_k^2 = \frac{1}{N_m - 1}\sum_{i=1}^{N_m}\left(10^{0,1L_i} - 10^{0,1L_k}\right)^2; \quad (19)$$

L_i — уровень звукового давления, представляющий результат одного независимого измерения в пределах k-го окна, дБ.

Примечание 1 — Повторные измерения, выполненные с использованием одного и того же оборудования, не являются независимыми в отношении погрешности, связанной со средством измерений.

Примечание 2 — Если разброс значений L_i невелик, формулы (17) — (19) можно заменить формулой

$$u_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_k}\frac{(L_i - L_k)^2}{n_k - 1}}. \quad (20)$$

Примечание 3 — Стандартное отклонение среднего значения определяется как выборочное стандартное отклонение по результатам наблюдений, деленное на квадратный корень из числа наблюдений.

10.6 Определение L_{den}

10.6.1 Определение на основе долгосрочных измерений $L_{eq,T}$

Процедура включает в себя следующие этапы:

a) исключают ненужные данные. Некоторые рекомендации относительно этого приведены в приложении Е;

b) распределяют данные по соответствующим окнам, выполняют коррекцию на остаточный шум и приведение к нормальным условиям;

c) для определения L_{day}, $L_{evening}$ и L_{night} используют формулу (5), учитывая частоту появления акустических событий в соответствии с метеорологической статистикой;

d) рассчитывают L_{den}.

10.6.2 Определение на основе долгосрочных измерений L_E отдельных акустических событий

Метод состоит в определении среднего значения L_E для каждого типа акустического события, преобразования его в энергию, а затем энергетического суммирования уровней всех событий, которые, по прогнозам, произойдут в течение рассматриваемого периода времени, и, наконец, преобразования его в $L_{eq,T}$ для рассматриваемого периода времени. Процедура включает в себя следующие этапы:

a) исключают нежелательные акустические события;

b) распределяют акустические события по соответствующим категориям источников и метеорологическим окнам;

c) для каждого k-го метеорологического окна и каждой i-й категории источника шума определяют средний уровень звукового воздействия $L_{E,i,k}$, дБ.

Для каждого k-го метеорологического окна рассчитывают $L_{day,k}$, дБ, по формуле

$$L_{day,k} = 10\lg\left(\sum_i N_{ref,i}\cdot 10^{0,1L_{E,i,k}}\right) - 10\lg\left(t_{day}\cdot 3600\right), \quad (21)$$

где $N_{ref,i}$ — статистическое среднегодовое количество одиночных акустических событий i-й категории источников;

t_{day} — продолжительность дня в часах.

Соответствующие формулы справедливы также для $L_{evening}$ и L_{night};

d) для определения L_{day}, $L_{evening}$ и L_{night} применяют формулу (5), учитывая частоту появления акустических событий в соответствии с метеорологической статистикой;

e) рассчитывают L_{den}.

10.6.3 Определение по кратковременным измерениям

Различают следующие случаи измерений:

a) на коротком расстоянии [см. формулу (11)], минимизирующем влияние погодных условий;

b) при благоприятных условиях распространения, как описано в 8.2;

c) при смешанных условиях распространения.

В случае перечисления a) используют метод прогнозирования для приведения измеренных уровней звукового давления к условиям транспортного потока на базовых временных интервалах, т. е. днем, вечером и ночью. Полученные таким образом уровни звукового давления принимают соответственно за L_{day}, $L_{evening}$ и L_{night}. Для источников шума промышленных предприятий каждый источник должен быть взвешен по времени с учетом фактического времени работы.

В случае перечислений b) и c) поступают следующим образом:

a) приводят измеренные уровни звукового давления к условиям транспортного потока базовых временных интервалов, т. е. днем, вечером и ночью;

b) используют метеорологическую статистику для определения доли времени p_i для каждого метеорологического окна M_i (см. 8.1) отдельно для дневного, вечернего и ночного времени суток;

c) в качестве благоприятных условий измерений принимают либо метеорологическое окно М3 (наиболее частое в дневное время), либо метеорологическое окно М4 (наиболее частое в ночное время).

Для случая перечисления b) используют метод прогнозирования для расчета уровней звукового давления для каждого из четырех видов метеорологических окон, как описано в таблице 4. Рассчитывают разность Δ_i между каждым i-м метеорологическим окном и окнами М3 или М4 (Δ_4 = 0 дБ), в зависимости от того, в каком из них были выполнены измерения.

Метод прогнозирования применяют также для расчета $L_{eq,T}$ с теми же условиями и режимами работы для каждого из четырех метеорологических окон от М1 до М4. Для каждого из них определяют разность с окном, в котором выполнены измерения (М3 или М4). Полученные разности используют с измеренным значением для прогнозирования измеренных значений для других атмосферных условий.

Для случая перечисления c) используют измеренные уровни шума в выбранных условиях распространения, чтобы оценить разности Δ_i между каждым i-м метеорологическим окном и М3 или М4 (Δ4 = 0 дБ);

d) рассчитывают L_{day}, дБ, по формуле

$$L_{day} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{4} p_i 10^{0,1(L_i+\Delta_i)}\right), \quad (22)$$

где L_i — измеренный в метеорологическом окне M_i уровень звукового давления, корректированный с целью соответствия усредненному за год дневному транспортному потоку и усредненный по количеству проведенных в условиях M_i измерений, дБ;

p_i и Δ_i — величины, определенные в перечислениях b) и c);

e) аналогично рассчитывают $L_{evening}$;

f) аналогично рассчитывают L_{night};

g) рассчитывают L_{den}.

10.7 Максимальный уровень L_{max}

Для каждой позиции микрофона и каждой категории условий и режима работы источника шума определяют следующие величины по результатам измерений L_{max}, если применимо:

- наибольшее из максимумов;
- арифметическое среднее;
- энергетическое среднее;
- стандартное отклонение;
- статистическое распределение.

Используют приведенные выше значения для определения искомого L_{max}.

Примечание — Приложение Н содержит руководство по расчету L_{max} в зависимости от определения этой величины.

11 Экстраполяция на другие места

11.1 Общие положения

Экстраполяцию результатов измерений часто используют для оценки уровня звукового давления в другом месте. Такая экстраполяция полезна, например, когда остаточный шум препятствует прямому измерению в месте расположения микрофона.

11.2 Экстраполяция расчетным методом

Измерения шума выполняют в строго определенном месте не слишком близко (не в ближней зоне какой-либо части источника) и не слишком далеко (желателен точный прогноз затухания) от источника по сравнению с его размерами и протяженностью. По расчетам затухания звука на пути от источника шума до места его измерения оценивают уровень звукового давления излучения источника, который впоследствии используют для расчета уровня звукового давления в точке наблюдения, отличной от промежуточного места измерения.

Расчет затухания выполняют на основе соответствующей модели распространения звука (см. раздел 12). При выборе промежуточного места измерений исходят из необходимости, с одной стороны, получить надежные результаты измерений, и, с другой стороны, получить надежные результаты экстраполяции на основе выполненных измерений. Так, во время измерений между источником и микрофоном не должно быть экранирующих препятствий, при этом микрофон рекомендуется располагать на значительной высоте, так как это предполагает минимальное влияние атмосферных условий.

11.3 Экстраполяция с применением измеренной функции затухания

Измерения шума выполняют в том месте, где его требуется оценить, и одновременно в контрольной точке, расположенной относительно близко к источнику шума (но не в ближней зоне любой из его частей), предпочтительно между местом оценки шума и источником шума. Контрольную точку выбирают так, чтобы минимизировать влияние остаточного шума. Измерения в контрольной точке и в месте оценки шума выполняют одновременно в течение ограниченного периода времени, но по крайней мере в два-три раза превышающем ожидаемую задержку распространения звука между двумя микрофонами.

Пример — Если предположить, что микрофоны в контрольной точке и в месте оценки шума расположены на расстоянии 400 м друг от друга, то задержка распространения составит приблизительно 1,2 с. В этом случае достаточно будет проводить измерения в течение 5 с.

Применяемые средства измерений должны быть точно синхронизированы, чтобы обеспечить проведение измерений в одном временном интервале. Измерения выполняют для всех выбранных условий распространения звука. Общая продолжительность измерений должна быть достаточно большой, чтобы включить характерные вариации излучения источника шума.

Для источников практически непрерывного шума (например, промышленных предприятий, автомагистралей с интенсивным движением) сбор данных может производиться в течение ограниченного времени, обеспечивающего достаточное количество статистических данных при неизменности условий распространения звука. Обычно для этого достаточно от 15 до 30 минут. Для источников непостоянного шума (например, второстепенных автомобильных и железных дорог) количество прошедших транспортных средств должно быть не менее 10. По возможности, измерения должны продолжаться не менее 15 минут или дольше, если требуемое количество акустических событий не достигнуто.

При выполнении вышеуказанных требований функцию затухания L_{af}, дБ, вычисляют по формуле

$$L_{af} = L_{ref} - L_{loc}, \quad (23)$$

где L_{ref} — измеренный уровень звукового давления в контрольной точке, дБ;

L_{loc} — измеренный уровень в месте оценки шума, дБ.

После получения оценки L_{af} для условий, когда влияние остаточного шума незначительно, уровни L_{loc} в месте оценки шума (особенно в ситуациях, когда остаточный шум в этом месте высок) могут быть рассчитаны на основе измерений шума в контрольной точке по формуле

$$L_{loc} = L_{ref} - L_{af}. \quad (24)$$

12 Расчетные оценки

12.1 Общие положения

Во многих случаях измерения могут быть заменены или дополнены расчетами. Расчеты часто более надежны, чем однократные кратковременные измерения, когда необходимо определить долгосрочные средние значения, а также в случаях, когда невозможно провести измерения из-за чрезмерных уровней звукового давления остаточного шума. В последнем случае иногда бывает удобно провести измерения на небольшом расстоянии от источника, а затем использовать метод прогнозирования для расчета результата на большем расстоянии.

При расчете уровней звукового давления должны быть доступны данные об излучении шума источника, желательно в виде уровня звуковой мощности источника (включая его направленность) и расположении точечных источников, создающих такие же уровни звукового давления в окружающей среде, что и исследуемый источник. Для транспортного шума уровни звуковой мощности часто заменяют уровнями звукового давления, определенными в строго определенных условиях. Часто такие данные приводят в известных моделях прогнозирования, но в других ситуациях их приходится определять каждый раз отдельно.

Используя подходящую модель распространения звука от источника к микрофону, можно рассчитать уровень звукового давления в точке оценки шума. Распространение звука должно быть соотнесено с четко определенными атмосферными условиями и состоянием земной поверхности. Большинство расчетных моделей предполагают нейтральные или благоприятные атмосферные условия, поскольку распространение звука в условиях восходящей рефракции чрезвычайно сложно предсказать. Акустический импеданс грунта также важен, особенно при оценке на коротких расстояниях и при малых высотах расположения источника и микрофона. Большинство моделей рассматривают только два состояния грунта: твердый или мягкий. Как правило, расчеты, выполненные для высоко расположенных источника и микрофона, будут более точными.

От целей расчета зависит требуемая степень точности. Так, от целей составления шумовой карты в заданной области зависит требуемая плотность расположения узлов координатной сетки. Наиболее сильные изменения уровня шума имеют место вблизи источников и крупных препятствий. Поэтому плотность узлов сетки в таких местах должна быть выше. Как правило, при составлении карт с целью общей оценки воздействия шума разность уровней звукового давления в соседних узлах не должна превышать 5 дБ. Если целью составления шумовой карты является выработка мер по снижению шума, то разность уровней звукового давления в соседних узлах не должна превышать 2 дБ.

12.2 Методы расчета

12.2.1 Общие положения

В настоящее время отсутствуют общепризнанные стандартизованные на международном уровне методы прогнозирования, хотя некоторые стандарты можно применять для расчетов шума от источников с известной звуковой мощностью (см. ИСО 9613-1, а также [9] и [10]). Некоторые методы прогнозирования, используемые в зарубежных странах, указаны в приложении L.

12.2.2 Специальные процедуры

Отдельные методы прогнозирования были разработаны для оценки шума автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта. В большинстве стран методы расчета одобрены на национальном уровне. Многие методы ограничены расчетами уровня звука A и применимы для шумов с определенным частотным спектром. В большинстве (но не во всех) странах рассчитывают показатели на основе $L_{\mathrm{Aeq},T}$, иногда дополняя их показателями на основе $L_{\max}$.

13 Регистрируемая и вносимая в протокол информация

Объем регистрируемой и вносимой в протокол измерений информации зависит от целей измерений. В общем случае эта информация включает в себя:

a) время, день и место измерений;

b) перечень используемых средств измерений и сведения об их калибровке (поверке);

c) результаты измерений $L_{\mathrm{eq},T}$, L_E, $L_{\max}$, уровня звука A, а также (при необходимости) уровня звука C и уровней звукового давления в полосах частот;

d) результаты оценок уровней N-процентного превышения $L_{N,T}$ с указанием параметров, использованных при расчете (частоты выборки и др.).

Примечание — $L_{N,T}$ применяют, например, для оценки остаточного шума при типичном значении N = 95 %;

e) оценку расширенной неопределенности измерения вместе с выбранной вероятностью охвата;

f) информацию об уровнях остаточного шума во время измерений;

g) временные интервалы измерений;

h) детальное описание места измерений, включая покров и состояние поверхности земли, местоположение точек измерений, включая высоту расположения микрофона и источника шума;

i) описание условий и режима работы источника, включая количество акустических событий или проходящих транспортных средств (поездов, самолетов), разделенных на соответствующие категории;

j) описание атмосферных условий, включая скорость и направление ветра, стабильность атмосферы (например, через облачность и время суток), температуру, атмосферное давление, влажность и наличие осадков, а также место расположения анемометра и термометра;

k) методы экстраполяции результатов измерений на другие условия измерений.

Для расчетов должна быть предоставлена информация по перечислениям от a) до k), включая расчет неопределенности.

Приложение А
(справочное)

Определение радиуса кривизны

Формулы настоящего приложения справедливы в предположении, что профиль скорости звука над землей может быть описан формулой

$$c(z) = c_0 + Az + B \cdot \lg\left(\frac{z}{z_0}\right), \tag{A.1}$$

где c — скорость звука, м/с;

z — высота над землей, м;

z_0 — характерный размер неровности земной поверхности, м;

A — линейный коэффициент скорости звука, 1/с, определяемый по формуле (А.5) или (А.6);

B — логарифмический коэффициент скорости звука, м/с, определяемый по формуле (А.7);

c_0 = 331,4 м/с.

Примечание 1 — Для получения профилей скорости звука может быть использована теория подобия Монина-Обухова. Однако эта теория неприменима для холмистой местности, городских районов или неоднородного грунта (см., например, [11]).

Для плоской местности радиус R_{cur}, аппроксимирующий кривизну звуковых лучей, вызванную атмосферной рефракцией, можно определить по формуле

$$\frac{1}{R_{cur}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}, \tag{A.2}$$

где

$$R_A = \frac{A}{|A|}\sqrt{\left(\frac{c_0}{|A|}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}; \tag{A.3}$$

$$R_B = \frac{B}{|B|}\frac{1}{8}\sqrt{\frac{2\pi c_0}{|B|}}D; \tag{A.4}$$

D — расстояние по горизонтали между источником и микрофоном, м.

Для дневного времени суток (классы стабильности атмосферы S1, S2 и S3 — см. таблицы А.2 и А.3) коэффициент A определяют по формуле

$$A = \frac{u_*}{C_{vk}L}\cos(wd) + \left(\frac{1}{2}\frac{c_0}{T_{ref}}\right)\left(0{,}74\frac{T_*}{C_{vk}L} - \frac{g}{c_p}\right). \tag{A.5}$$

Для ночного времени суток (классы стабильности S4 и S5) коэффициент A определяют по формуле:

$$A = 4{,}7\frac{u_*}{C_{vk}L}\cos(wd) + \left(\frac{1}{2}\frac{c_0}{T_{ref}}\right)\left(4{,}7\frac{T_*}{C_{vk}L} - \frac{g}{c_p}\right). \tag{A.6}$$

Коэффициент B определяют как для дневного, так и для ночного времени по формуле

$$B = \frac{u_*}{C_{vk}}\cos(wd) + \left(\frac{1}{2}\frac{c_0}{T_{ref}}\right)\left(0{,}74\frac{T_*}{C_{vk}}\right), \tag{A.7}$$

где u_* — скорость трения, м/с;

T_* — единица температурной шкалы, К;

L — масштаб длины Монина-Обухова, м;

C_{vk} — постоянная Кармана, равная 0,4;

g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с^2;

c_p — удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1005 Дж/кг;

T_{ref} — опорное значение температуры, равное 273 К;

wd — угол между направлением ветра и направлением от источника к микрофону.

Параметры u_*, T_* и величина $1/L$, обратная масштабу длины Монина-Обухова, могут быть измерены непосредственно или взяты из таблиц А.1 — А.3.

Примечание 1 — Положительные значения R_{cur} соответствуют кривизне звукового луча при нисходящем распространении (например, по ветру или при температурной инверсии); $1/R_{cur} = 0$ соответствует прямолинейному распространению звука («безветрие», однородная атмосфера); отрицательные значения R_{cur} соответствуют восходящему распространению звука (например, против ветра или в безветренный летний день). Инверсия температуры имеет место, например, в ночное время, когда облачность менее 70 %.

Таблица А.1 — Скорость трения для различных классов скорости ветра

Класс скорости ветра W, м/с	u_*, м/с
W1: от 0 до 1	0
W2: от 1 до 3	0,13
W3: от 3 до 6	0,3
W4: от 6 до 10	0,53
W5: более 10	0,87

Таблица А.2 — Величина $1/L$, обратная масштабу длины Монина-Обухова, для разных классов скорости ветра и классов стабильности атмосферы

Класс скорости ветра W, м/с	$1/L$, м$^{-1}$				
	Класс стабильности атмосферы S				
	S1: день, 0/8—2/8[a]	S2: день, 3/8—5/8	S3: день, 6/8—8/8	S4: ночь, 5/8—8/8	S5: ночь, 0/8—4/8
W1: от 0 до 1	−0,08	−0,05	0	0,04	0,06
W2: от 1 до 3	−0,05	−0,02	0	0,02	0,04
W3: от 3 до 6	−0,02	−0,01	0	0,01	0,02
W4: от 6 до 10	−0,01	0	0	0	0,01
W5: более 10	0	0	0	0	0
[a] Отношение X/8 характеризует облачность как часть неба, закрытую облаками.					

Таблица А.3 — Масштаб температуры T_* для разных классов скорости ветра и классов стабильности атмосферы

Класс скорости ветра W, м/с	T_*, К				
	Класс стабильности атмосферы S				
	S1: день, 0/8—2/8[a]	S2: день, 3/8—5/8	S3: день, 6/8—8/8	S4: ночь, 5/8—8/8	S5: ночь, 0/8—4/8
W1: от 0 до 1	−0,4	−0,2	0	0,2	0,4
W2: от 1 до 3	−0,2	−0,1	0	0,1	0,2
W3: от 3 до 6	−0,1	−0,05	0	0,05	0,1
W4: от 6 до 10	−0,05	0	0	0	0,05
W5: более 10	0	0	0	0	0
[a] Отношение X/8 характеризует облачность как часть неба, закрытую облаками.					

Приложение В
(справочное)

Расположение микрофона относительно отражающих поверхностей

В.1 Общие положения

Под нормируемым уровнем звукового давления обычно понимают уровень звукового давления в свободном звуковом поле, как описано в В.3. Необходимо тщательно выбрать место размещения микрофона, чтобы обеспечить отсутствие влияния неконтролируемых отражений от близлежащих звукоотражающих поверхностей, отличных от земли, на уровень звукового давления. В настоящем приложении приведены некоторые сведения в отношении позиций микрофона, для которых сравнительно легко внести поправку на дополнительные отражения и оценить неопределенность, обусловленную этими поправками. Приведенные в настоящем приложении числовые значения основаны на опыте и расчетах шума дорожного движения и могут не в полной мере подходить для источников другого типа, например таких, как авиационный шум, когда микрофон традиционно устанавливают на высоте 6 м над землей и где угол падения звука часто сильно отличается от случая дорожного движения.

В.2 Стандартная неопределенность коррекции для разных позиций микрофона

Значения стандартной неопределенности для наиболее распространенных местоположений микрофона при измерении транспортного шума приведены в таблице В.1. Эти значения можно использовать при отсутствии более точных данных. Для шума промышленных предприятий и других местоположений микрофона неопределенность следует рассчитывать для каждого отдельного случая. Для низкочастотных стационарных источников при расположении микрофона перед фасадом применение коррекции 3 дБ шума по умолчанию неприемлемо. Вместо этого рекомендуется располагать микрофон заподлицо с коррекцией 5,7 дБ.

Таблица В.1 — Стандартная неопределенность коррекции на отражение при различных положениях микрофонов относительно вертикальных отражающих поверхностей

Позиция микрофона	Стандартная неопределенность u_{loc}, дБ
Транспортный шум при падении звуковой волны под произвольным углом	
Основная позиция в свободном поле	0
Позиция, соответствующая требованиям В.2	0,5
Позиция с использованием коррекции 5,7 дБ и соответствующая требованиям В.4	0,4
Позиция с использованием коррекции 3 дБ и соответствующая требованиям В.5	0,4
Транспортный шум преимущественно при скользящем падении звуковой волны	
Основная позиция в свободном поле	0
Позиция с использованием коррекции 5,7 дБ и соответствующая требованиям В.4	2,0
Позиция с использованием коррекции 3 дБ и соответствующая требованиям В.5	1,0

Примечание — Данные, приведенные в таблице В.1, применимы только для уровня звука А транспортного шума (движущиеся источники).

В.3 Расположение микрофона в свободном поле

В такой позиции отсутствуют близко расположенные звукоотражающие поверхности (кроме земли), оказывающие влияние на уровень звукового давления. Расстояние от микрофона до любой звукоотражающей поверхности кроме земли должно не менее чем в два раза превышать расстояние от микрофона до доминирующей части источника шума.

Примечание — Присутствие небольших звукоотражающих поверхностей допускается, если показано, что отражение звука не оказывает значительного влияния на результаты измерения. Это может быть обосновано с помощью расчетов с учетом основных размеров звукоотражающей поверхности и длины волны излучения.

В.4 Расположение микрофона на звукоотражающей поверхности

В данной позиции микрофона коррекция по умолчанию составляет 5,7 дБ.

Микрофон устанавливают заподлицо со звукоотражающей поверхностью так, что прямой и отраженный звук будут находиться в фазе для частот, которые ниже определенной частоты f. Для широкополосного транспортного шума, падающего под произвольными углами, f составляет приблизительно 4 кГц для микрофона диаметром 13 мм. При преимущественно скользящем падении шума данная позиция микрофона не рекомендуется.

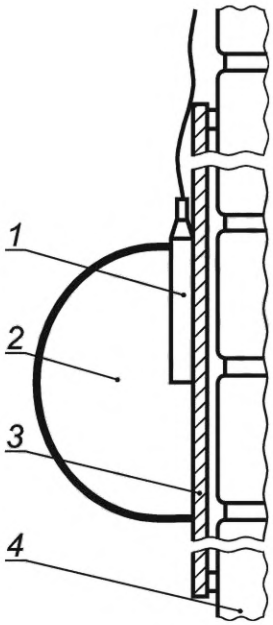
В пределах не менее 1 м от места установки микрофона фасад должен быть плоским с неровностями в пределах ±0,05 м, а расстояние от микрофона до краев фасадной стены должно превышать 1 м. Микрофон можно установить как показано на рисунке В.1 или так, чтобы мембрана микрофона находилась заподлицо с поверхностью монтажной панели. Толщина панели не должна превышать 25 мм, а ее размеры должны быть не менее 0,5 × 0,7 м. Расстояние от микрофона до краев и осей симметрии монтажной панели должно быть более 0,1 м, чтобы уменьшить влияние дифракции звука на ее краях.

Монтажная панель должна быть изготовлена из акустически жесткого и прочного материала, чтобы избежать звукопоглощения и резонанса в диапазоне частот измерений.

Пример — Монтажная панель может быть изготовлена из окрашенной древесно-стружечной плиты толщиной приблизительно 19 мм или алюминиевой пластины толщиной не менее 5 мм с вибропоглощающим материалом толщиной не менее 3 мм на стороне, обращенной к стене.

Необходимо обеспечить отсутствие акустической помехи, возникающей из-за аэродинамического потока между панелью и шероховатой поверхностью фасада. Микрофон можно использовать без монтажной панели, если материалом стены является бетон, камень, стекло, дерево или подобный твердый материал. При этом поверхность стены в радиусе 1 м от микрофона должна иметь неровности в пределах ±0,01 м.

Для измерений в октавном диапазоне следует использовать микрофон диаметром 13 мм или менее. Если диапазон измерений расширен свыше 4 кГц, следует применять микрофон диаметром 6 мм.



1 — микрофон; *2* — ветрозащитный экран; *3* — монтажная панель; *4* — стена или звукоотражающая поверхность

Рисунок В.1 — Крепление микрофона на звукоотражающей поверхности

В.5 Расположение микрофона вблизи звукоотражающей поверхности

В случае узкополосных источников шума или при определении шума в полосах частот рекомендуется проводить измерения в свободном звуковом поле (см. В.3) или устанавливать микрофон на звукоотражающей поверхности (см. В.4).

Если микрофон отдален от звукоотражающей поверхности, то при соблюдении определенных условий звуковая энергия для прямой и отраженной волн будет приблизительно одинаковой, и при достаточной ширине полосы частот измерений отражение вызывает удвоение энергии звукового поля и повышение уровня звукового давления на 3 дБ.

Неровности фасада не должны превышать ±0,3 м, а микрофон не должен размещаться в местах, где на звуковое поле влияют многократные отражения от выступающих поверхностей здания.

Окна здания рассматривают как часть фасада. Во время измерения они должны быть закрыты, но допускается наличие небольшого отверстия для кабеля микрофона.

При выполнении нижеуказанных критериев В.1 — В.3 измеренный эквивалентный уровень звукового давления будет отличаться от эквивалентного уровня звукового давления в падающей волне, увеличенного на 3 дБ, менее чем на 1 дБ. Различают два случая: a) протяженного источника, когда угол обзора источника α не менее 60°; b) точечного источника, когда угол обзора α менее 60° (см. рисунок В.2).

В обозначениях рисунка В.2 расстояние от микрофона М до звукоотражающей плоскости (точки О) равно *d*. Точку 0 принимают в качестве вершины угла обзора α. Расстояния *a′* и *d′* измеряют вдоль биссектрисы угла α. Точка М' находится на расстоянии *d′* от точки О и на расстоянии *d* от звукоотражающей плоскости.

Расстояние от точки 0 до ближайшей кромки звукоотражающей поверхности по горизонтали равно *b*, по вертикали — *c*. Во избежание краевых эффектов в диапазоне частот, включающем октавные полосы от 125 Гц до 4 кГц, должен выполняться критерий В.1.

Критерий В.1: $b \geq 4d$ и $c \geq 2d$.

Критерий В.2 обеспечивает равенство уровней падающего и отраженного звука.

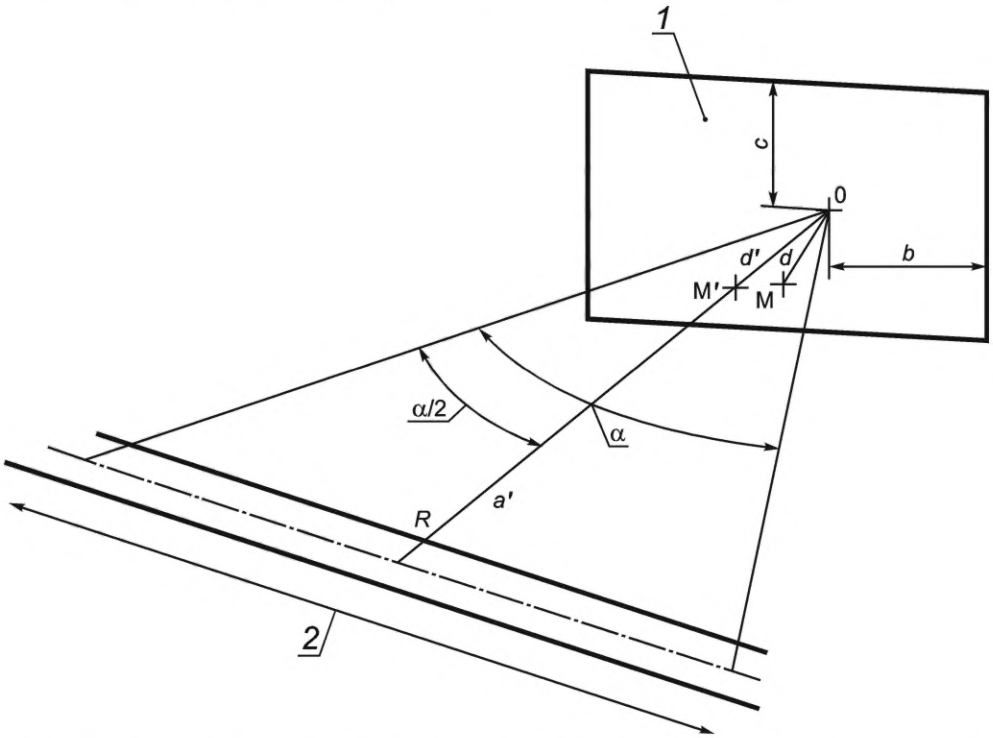
Критерий В.2:

- для протяженного источника: $d' \leq 0{,}1a'$;
- для точечного источника: $d' \leq 0{,}05a'$.

Микрофон находится вне области вблизи фасада, где уровень звукового давления возрастает на 6 дБ, если выполнен критерий В.3.

Критерий В.3:

- для протяженного источника:
  - при измерении уровня звука А − $d' \geq 0{,}5$ м,
  - при измерении уровней звукового давления в октавных полосах — $d' \geq 1{,}6$ м;
- для точечного источника:
  - при измерении уровня звука А – $d' \geq 1{,}0$ м,
  - при измерении уровней звукового давления в октавных полосах — $d' \geq 5{,}4$ м.



0 — точка на звукоотражающей поверхности, перед которой установлен микрофон; *1* — фасад здания или другая звукоотражающая поверхность; *2* — протяженный источник шума (дорога); М — позиция микрофона; α — угол обзора протяженного источника шума (участка дороги с движением); *R* — точка пересечения биссектрисы угла α с центральной линией дороги; М' — эквивалентное положение микрофона на биссектрисе *R*0; *d* — расстояние от микрофона до звукоотражающей поверхности (точки 0); *d′* — расстояние 0М'; *a′* — расстояние *R*0; *b, c* — расстояния до краев звукоотражающей поверхности

Рисунок В.2 — Положение микрофона вблизи звукоотражающей поверхности

Изображенный на рисунке В.2 протяженный источник шума представляет собой дорогу с пунктирной линией по середине. Для расчета ослабления шума в модели Nordic 1996 Road (см. L.1, приложение L) используют длину биссектрисы угла сегмента от точки *R* до концов обследуемого участка дороги в каждом направлении. Если участок дороги симметричен относительно точки R, то угол α разбивается симметрично. Таким образом, если угол обзора обследуемого участка дороги 180° и симметричен, то используют по 45° в обе стороны от перпендикуляра. Если участок дороги асимметричен относительно нормали, то рассчитывают $\alpha/2$ с каждой стороны перпендикуляра отдельно. Так, например, если вид на дорогу охватывает 90° в одном направлении и 50° в другом (т. е. всего 140°), используют 45° для $\alpha/2$ в одном направлении и 25° для $\alpha/2$ в другом направлении.

Если обследуемому участку дороги соответствует угол обзора, превышающий 180°, то для расчетов такой участок разделяют на более мелкие сегменты.

Приложение С
(справочное)

Выбор места измерений/мониторинга

С.1 Общие положения

Место размещения средств измерений шума имеет решающее значение для получения точных и полезных сведений о шуме. Поскольку требования к информации о шуме в конкретных местах могут быть разными, технические рекомендации по размещению шумоизмерительного оборудования также могут значительно различаться. Выбор мест измерений следует рассматривать на ранней стадии разработки плана измерений после четкого определения целей измерений. Для оценки влияния условий измерений в данном месте на неопределенность результатов измерений, необходимо изучить взаимосвязь между остаточным шумом и измеряемыми уровнями звукового давления. Если разность уровней превышает 15 дБ, влияние остаточного шума пренебрежимо мало.

С.2 Выбор места измерений шума

Выбор мест измерений шума обычно представляет собой двухэтапный процесс. Первый этап предполагает определение общей контролируемой территории. Ключевым фактором при этом являются цели измерений, которые могут включать в себя:

- получение точной информации о шумовой обстановке в конкретных критичных в отношении шума населенных районах;
- получение точной информации об уровнях звукового давления, создаваемого источниками шума различного типа в определенном месте, и т. д.;
- получение информации о шуме для мониторинга акустических событий;
- обеспечение соответствия техническим требованиям системы контроля, в частности необходимости получать информацию о шуме от более чем одной измерительной системы при значимых акустических событиях;
- контроль соблюдения требований к уровню периодического звукового воздействия.

Вторым этапом является выбор конкретных мест для размещения пунктов контроля в пределах общей территории. При этом учитывают практические и другие соображения, такие как:

- наличие помех от посторонних источников шума (от другого транспорта или промышленных предприятий, объектов живой природы, мероприятий досуга и т. д.);
- доступность коммуникаций и другой инфраструктуры (телефонной связи, электросети);
- рельеф местности и объекты строительства;
- сложность получения доступа к месту контроля и разрешений на проведение контроля (расположение на частной территории может потребовать выплаты арендной платы или сервитутов; расположение на земле, находящейся в государственной собственности, например на бульваре, может быть менее затратным для государственных учреждений, но получение официальных разрешений может быть трудным или затратным по времени);
- безопасность оборудования (защита от вандализма и кражи);
- неопределенность измерения.

С.3 Метод определения акустически подходящих мест для измерений шума

Для акустически надежного измерения наблюдаемое событие должно четко отличаться от остаточного (окружающего) шума, т. е. разность между средним уровнем остаточного шума и уровнем измеряемого шума должна составлять не менее 3 дБ, предпочтительно более 5 дБ. Таким образом, средства измерений следует устанавливать только в тех местах, где максимальные уровни звука $L_{p,\mathrm{AS,max}}$ для рассматриваемых событий по крайней мере на 15 дБ превышают средний уровень остаточного шума. Единственным надежным методом определения приемлемых уровней остаточного шума является оценка его влияния на неопределенность измерения (см. раздел 4, F.2 и приложение I).

Дополнительные рекомендации по выбору места контроля авиационного шума приведены в [21].

Приложение D
(справочное)

Приведение к нормальным условиям

D.1 Затухание шума в атмосфере

D.1.1 Расчет поправки на нормальные условия

Результаты измерений распределяют по разным окнам. Каждое окно должно включать результаты измерений шума, полученные при средней температуре t, °С, и средней относительной влажности воздуха h, %. Измерения также должны соответствовать определенному измерительному расстоянию d, м. На основании ИСО 9613-1 при заданном спектре шума источника можно рассчитать затухание звука в атмосфере $\Delta L_a(t, h, d)$. Однако для определения L_{den} затухание шума в атмосфере должно представлять репрезентативные среднегодовые значения температуры t_{ref} и влажности h_{ref}. Таким образом, результаты измерений должны быть скорректированы на величину ΔL_a, рассчитываемую по формуле

$$\Delta L_a = \Delta L_a (t_{ref}, h_{ref}, d) - \Delta L_a (t, h, d). \quad (D.1)$$

Примечание — Формулу (D.1) можно применять либо к каждой выборке данных, либо к среднему значению всех выборок в пределах окна.

Для точечного источника расстояние d — это расстояние между источником и микрофоном. Однако для прямого участка дороги (железной дороги), где должно выполняться интегрирование по изменяющемуся расстоянию, в качестве расстояния d принимают среднее расстояние до движущегося источника шума, которое можно аппроксимировать формулой

$$d = \frac{d_0}{\cos(\alpha/2)}, \quad (D.2)$$

где d_0 — расстояние от микрофона до дороги (точки пересечения с нормалью);

α — угол обзора наибольшего из видимых сегментов дороги по обе стороны от нормали.

Пример — Если участок дороги имеет угол обзора 90°, при этом 60° с одной стороны и 30° с другой стороны от нормали, то угол α равен 60°.

После внесения поправки ΔL_a в результат измерения L'_{eq} (здесь и далее в настоящем приложении индекс «T» в обозначении эквивалентных уровней звукового давления опущен) получают скорректированное с учетом затухания звука в атмосфере эквивалентное звуковое давление по формуле

$$L_{eq,ref} = L'_{eq} + \Delta L_a. \quad (D.3)$$

D.1.2 Расчет неопределенности

Как видно из формулы (D.3), оба коэффициента чувствительности равны 1, и стандартную неопределенность можно оценить по формуле

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{u^2_{L'_{eq}} + u^2_{\Delta L_a}}, \quad (D.4)$$

где $u^2_{L'_{eq}}$ оценивают по результатам измерений в соответствии с настоящим стандартом. Неопределенность затухания звука в атмосфере весьма чувствительна к погрешности измерения влажности, особенно при ее малых значениях (менее 30 %), а также к спектру шума источника. Неопределенность затухания звука в атмосфере также пропорциональна расстоянию. Рекомендуется определять неопределенность затухания в каждом конкретном случае, но в первом приближении можно полагать $u^2_{\Delta L_a}$ = 1 дБ/км.

D.2 Дорожное движение

D.2.1 Расчет коррекции на нормальные условия

Современные модели прогнозирования (см. [12]) базируются на уровнях звуковой мощности транспортных средств разных категорий. Шум двигателя и шум качения (взаимодействия шин с дорогой) рассматривают отдельно. Уровень звуковой мощности шума качения зависит от скорости и температуры, шума двигателя — от скорости и ускорения автомобиля. Из-за сложностей, связанных с количеством влияющих параметров и формул расчета, для

определения коррекции на нормальные условия рекомендуется использовать метод полного прогнозирования, как показано в следующем примере с использованием обозначений, приведенных в таблице D.1.

Таблица D.1 — Обозначения и параметры, используемые в примере расчета

Способ получения значения величины	Категория транспортного средства	Количество	Скорость	Температура	Измеренное значение	Расчетное значение
Измерение	Категория 1	N_1	v_1	t	L'_{eq}	L'_{eq} (calc)
	Категория 2	N_2	v_2			
	Категория 3	N_3	v_3			
Расчет	Категория 1	$N_{1,ref}$	$v_{1,ref}$	t_{ref}	—	$L_{eq,ref}$ (calc)
	Категория 2	$N_{2,ref}$	$v_{2,ref}$			
	Категория 3	$N_{3,ref}$	$v_{3,ref}$			

При работе с несколькими различными категориями транспортных средств каждое транспортное средство в категории в качестве альтернативы может быть преобразовано в эквивалентное число транспортных средств другой категории, например, одно среднетяжелое транспортное средство равно *y* легковых автомобилей, а одно тяжелое транспортное средство равно *x* легковых автомобилей. Числа *x* и *y* должны быть взяты из базы данных и будут меняться в зависимости от скорости и других условий эксплуатации.

Измеренное значение уровня звукового давления, приведенное к нормальным условиям, рассчитывают по формуле

$$L_{eq,ref} = L'_{eq} + L_{eq,ref}\,(\text{calc}) - L'_{eq}\,(\text{calc}). \tag{D.5}$$

Примечание — В зависимости от программы, используемой для расчетов, поправка на атмосферное затухание в соответствии с D.1 может быть включена в результат, полученный по формуле (D.5).

D.2.2 Расчет неопределенности

Эквивалентный уровень звукового давления $L_{eq,T}$ для одной категории транспортных средств рассчитывают по формуле

$$L_{eq,T} = L_E - 10\lg(T) + 10\lg(N) = L_W(v,t) + \Delta L_{tf} - 10\lg(v) + 10\lg\left(\frac{N}{T}\right), \tag{D.6}$$

где L_W — общий уровень звуковой мощности, дБ;

ΔL_{tf} — общая передаточная функция между L_W и уровнем звукового воздействия, дБ;

v — скорость, км/ч;

T — время;

N — количество прошедших автомобилей за время T.

Согласно методу прогнозирования Harmonoise (см. [12]) зависимость L_W от скорости определяется выражением $30\lg(v)$ в предположении, что рассматривается шум от взаимодействия шин с дорогой и основной вклад в шум вносят легковые автомобили. Однако в данном примере вместо указанной зависимости используется выражение $35\lg(v)$ (см. [13]). Зависимость от температуры выражается как $K(20 - t)$.

Формула (D.6) с учетом вышеприведенных предположений может быть записана в виде

$$L_{eq} = L_W(v = v_0, t = t_0) + \Delta L_{tf} + 25\lg\left(\frac{v}{v_0}\right) + 10\lg\left(\frac{N}{T}\right) - 10\lg(v_0) - K(t - t_0) \tag{D.7}$$

или, для нормальных условий

$$L_{eq,ref} = L'_{eq} + 25\lg\left(\frac{v_{ref}}{v}\right) + K(t_{ref} - t) + \lg\left(\frac{N_{ref}}{N}\right). \tag{D.8}$$

Таким образом, коэффициенты чувствительности для скорости вычисляют по формулам:

$$c_v = \frac{\partial L_{eq}}{\partial v} = -25\frac{1}{v}\lg(e) = -\frac{10,9}{v} \quad (D.9)$$

и

$$c_{v_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial v_{ref}} = 25\frac{1}{v_{ref}}\lg(e) = \frac{10,9}{v_{ref}}, \quad (D.10)$$

для потока транспортных средств:

$$c_N = \frac{\partial L_{eq}}{\partial N} = -\frac{10}{N}\lg(e) = -\frac{4,3}{N}, \quad (D.11)$$

$$c_{N_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial N_{ref}} = \frac{10}{N_{ref}}\lg(e) = \frac{4,3}{N_{ref}}, \quad (D.12)$$

для температуры:

$$c_t = \frac{\partial L_{eq}}{\partial t} = -K, \quad (D.13)$$

$$c_{t_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial t_{ref}} = K. \quad (D.14)$$

Суммарную стандартную неопределенность для величины, выражаемую формулой (D.8), рассчитывают по формуле

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{(c_{L'}u_{L'})^2 + \left(c_{v_{ref}}u_{v_{ref}}\right)^2 + (c_v u_v)^2 + (c_N u_N)^2 + \left(c_{N_{ref}}u_{N_{ref}}\right)^2 + (c_t u_t)^2 + \left(c_{t_{ref}}u_{t_{ref}}\right)^2}. \quad (D.15)$$

В предположении равенства неопределенности условий измерения и неопределенности нормальных условий

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{u_{L'}^2 + 2\left(\frac{10,9}{v}\right)^2 u_v^2 + 2\left(\frac{4,3}{N}\right)^2 u_N^2 + 2K^2 u_t^2}. \quad (D.16)$$

Если далее предположить, что стандартная неопределенность скорости и количества транспортных средств составляет 5 % от средних значений, что $K = 0,1$ [типичное значение согласно методу прогнозирования Harmonoise (см. [12])] и что $u_t = 1$, то из (D.16) следует:

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{u_{L'}^2 + 0,60 + 0,09 + 0,02}. \quad (D.17)$$

Численные значения в формуле (D.17) являются следствием принятых в данном примере предположений и должны оцениваться в каждом конкретном случае.

D.3 Железнодорожный транспорт

D.3.1 Расчет коррекции на нормальные условия

Наиболее точным способом оценки шума железнодорожного транспорта является измерение уровня звукового воздействия $L_{E,i}$ для каждой категории поездов для нормальных условий. Тогда эквивалентный уровень звукового давления можно рассчитать по формуле

$$L_{eq,ref} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{n} N_{ref,i}\, 10^{0,1\overline{L_{E,i}}}\right) - 10\lg(T_{ref}), \quad (D.18)$$

где $\overline{L_{E,i}}$ — измеренный средний уровень звукового воздействия поездов i-й категории, дБ;

n — количество категорий поездов;

$N_{ref,i}$ — количество поездов i-й категории, прошедших за период наблюдения, T_{ref}.

Примечание — В некоторых случаях в качестве дополнительного параметра удобно ввести длину поезда, например если измеряют шум всего нескольких грузовых поездов.

D.3.2 Расчет неопределенности

Согласно методике, представленной в F.1, для расчета неопределенности применяют формулу

$$u_{L_{\mathrm{eq,ref}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{N_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}{\sum_{i=1}^{n}N_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}\right]^2 u^2_{L_{E,i}} + \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}{\sum_{i=1}^{n}N_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}\right]^2 u^2_{N_{\mathrm{ref},i}}}, \qquad \text{(D.19)}$$

где $u^2_{L_{E,i}}$ оценивают по результатам измерений в соответствии с методами настоящего стандарта.

D.4 Авиационный транспорт

Для авиационного транспорта применяют такой же подход, что и для железнодорожного транспорта. Основное отличие состоит в большем количестве категорий воздушных судов и в том, что окна должны включать конфигурацию аэропорта.

D.5 Промышленный шум

D.5.1 Расчет коррекции на нормальные условия

Наиболее точный способ проведения измерений промышленного шума заключается в определении $L_{\mathrm{eq},i}$ для каждого из условий и режимов работы промышленного предприятия с последующим расчетом приведенного к нормальным условиям эквивалентного уровня звукового давления по формуле

$$L_{\mathrm{eq,ref}} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{n}N_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{\mathrm{eq},i}}}\right) - 10\lg\left(T_{\mathrm{ref}}\right), \qquad \text{(D.20)}$$

где $T_{\mathrm{ref}} = \sum T_{\mathrm{ref},i}$;

$T_{\mathrm{ref},i}$ — продолжительность работы при i-м условии или рабочем режиме в течение стандартного интервала времени T_{ref}.

Примечание — На практике ситуация может быть настолько сложной, что описанную выше процедуру будет трудно выполнить.

D.5.2 Расчет неопределенности

Согласно методу, описанному в F.1, для расчета неопределенности применяют формулу

$$u_{L_{\mathrm{eq,ref}}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{T_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{\mathrm{eq},i}}}}{\sum_{i=1}^{n}T_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{\mathrm{eq},i}}}}\right]^2 u^2_{L_{\mathrm{eq},i}} + \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}{\sum_{i=1}^{n}T_{\mathrm{ref},i}\,10^{0{,}1\overline{L_{E,i}}}}\right]^2 u^2_{T_{\mathrm{ref},i}}}, \qquad \text{(D.21)}$$

где $u^2_{L_{\mathrm{eq},i}}$ оценивают по результатам измерений в соответствии с методами настоящего стандарта.

Приложение Е
(справочное)

Устранение нежелательного шума

Е.1 Общие положения

Не существует единого метода устранения нежелательного шума при проведении измерений.

В зависимости от фактических обстоятельств рекомендуется:

- использовать направленные микрофоны для подавления звука с нежелательных направлений;
- экранировать шум с заднего направления, закрепив микрофон на фасаде или звукоотражающем экране;
- не проводить измерений в интервалы времени с нежелательным шумом (см. Е.2 в отношении отдельных событий);
- проводить по возможности измерения во время суток, когда нежелательный шум незначителен;
- использовать временную запись измеренного шума для исключения нежелательного шума посредством применения статистических или иных методов;
- выбирать наиболее подходящие места измерений.

Е.2 Отдельные акустические события (обычно шум от авиационного и железнодорожного транспорта)

Признаками отдельного акустического события являются:

- превышение уровнем звука А заданного порогового значения в течение продолжительного периода времени;
- выполнение критерия распознавания или сообщение человека-оператора о наличии источника акустических событий, который может быть охарактеризован несколькими параметрами, указанными изготовителем или поставщиком объекта, служащего источником.

Автоматическая система распознавания как минимум должна обеспечивать обработку результатов измерений для получения максимального уровня звукового давления $L_{max,i}$ для i-го события, взвешенного по времени и частоте, отметку местного времени, когда имеет место данный максимальный уровень, уровня звукового воздействия i-го события $L_{E,i}$, и продолжительности i-го события, ΔT_i. Кроме того, система может определять временной интервал между начальным превышением порогового уровня и достижением максимального уровня звукового давления, момент окончания превышения порога, полную временную запись сигнала шума и другие потенциально полезные данные.

Не все события, о которых сообщает система наблюдения, связаны с работой исследуемого источника шума. Перед дальнейшей обработкой данных акустические события должны быть проверены, и не относящиеся к делу события должны быть исключены. Проверка неизвестного события может быть выполнена путем установления корреляции с известным событием на основе предыдущего опыта или ранее проведенных измерений.

При использовании автоматического обнаружения событий, алгоритмы и соответствующие значения критериев, используемые для обнаружения, должны быть определены и документированы. То же самое справедливо в отношении процедур, используемых человеком-оператором.

Приложение F
(справочное)

Неопределенность измерения

F.1 Определение стандартной неопределенности и коэффициентов чувствительности для совокупности условий и режимов работы

Эквивалентный уровень звукового давления для i-го состояния, которое длится p_i-ю долю всего времени, обозначают L_i. Суммарный эквивалентный уровень звукового давления для всего интервала времени обозначают L и рассчитывают по формуле

$$L = 10\lg\left(p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \ldots + p_n 10^{L_n/10}\right). \tag{F.1}$$

Если уровни $L_1, \ldots, L_n$ независимы, то коэффициент чувствительности c_{L_i} определяют по формуле

$$c_{L_i} = \frac{\partial L}{\partial L_i} = 10\lg(e)\frac{p_i \cdot 10^{L_i/10}\ln(10)\cdot 0{,}1}{p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \ldots + p_n 10^{L_n/10}} = \frac{p_i 10^{L_i/10}}{\sum_{j=1}^{n} p_j \cdot 10^{L_j/10}}. \tag{F.2}$$

В связи с необходимостью выполнения условия $\sum_i p_i = 1$ коэффициенты p_i нельзя считать независимыми. Для расчета c_{p_i} формула (F.1) может быть записана в виде

$$L = 10\lg\left(p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \ldots + p_{n-1} 10^{L_{n-1}/10} + (1 - \sum_{j=1}^{n-1} p_j) 10^{L_n/10}\right). \tag{F.3}$$

Тогда коэффициент чувствительности c_{p_i} можно рассчитать по формуле

$$c_{p_i} = \frac{\partial L}{\partial p_i} = 10\lg(e)\frac{10^{L_i/10} - 10^{L_n/10}}{\sum_{j=1}^{n} p_j 10^{L_j/10}}. \tag{F.4}$$

L_i определяется со стандартной неопределенностью u_{L_i}, а p_i — со стандартной неопределенностью u_{p_i}. Чтобы избежать грубой недооценки ошибки, в качестве p_n выбирают период (обычно М4) с самым высоким средним уровнем шума. При этом стандартная неопределенность уровня L определяется формулой

$$u = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{\partial L}{\partial L_j}\right|^2 u_{L_j}^2 + \sum_{j=1}^{n-1}\left|\frac{\partial L}{\partial p_j}\right|^2 u_{p_j}^2}. \tag{F.5}$$

---

* *Здесь имеет место путаница в обозначениях. В формуле $\sum p_i = 1$ под p_i понимают случайную величину, ассоциированную с долей времени i-го окна, а в формулах (F.1)—(F.5) — математическое ожидание этой случайной величины.*

Изложенный метод расчета вклада неопределенностей u_{pi} в суммарную неопределенность и также не является математически корректным. Второе слагаемое под знаком корня в формуле (F.5) следует заменить выражением

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(c_{p_i} - c_{p_j}\right)^2 u_i^2 u_j^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} u_i^2,$$

где $c_{p_i} = 10\lg(e)\dfrac{10^{L_i/10}}{\sum_{j=1}^{n} p_j 10^{L_j/10}}$.

F.2 Определение коэффициента чувствительности и стандартной неопределенности для остаточного шума

Для остаточного шума коэффициент чувствительности нельзя принять равным единице. Основной формулой для расчетов является формула

$$L = L' + 10\lg\left(1 - 10^{-0,1(L'-L_{res})}\right), \tag{F.6}$$

где L — уровень звукового давления с поправкой на остаточный шум, дБ;

L' — измеренный уровень звукового давления, дБ;

L_{res} — уровень звукового давления остаточного шума, дБ.

Из нее следуют формулы для коэффициентов чувствительности:

$$c_{L'} = \frac{1}{1 - 10^{-0,1(L'-L_{res})}}, \tag{F.7}$$

$$c_{res} = \frac{-10^{-0,1(L'-L_{res})}}{1 - 10^{-0,1(L'-L_{res})}}. \tag{F.8}$$

Суммарную неопределенность u_L для L рассчитывают по формуле

$$u_L = \sqrt{c_{L'}^2 u_{L'}^2 + c_{res}^2 u_{res}^2}. \tag{F.9}$$

Примечание — Для определения остаточного шума см. приложение I.

F.3 Неопределенность коррекций условий и режимов работы

См. приложение D.

Приложение G
(справочное)

Примеры расчета неопределенности

Примечание — Некоторые расчеты, выполненные в соответствии с примерами в G.1 и G.2, приведены в файле электронной таблицы Excel, которая находится в свободном доступе по адресу: gost.e-ecolog.ru. Во всех примерах источником шума является дорожное движение.

G.1 Одно долгосрочное измерение, сгруппированное по видам метеорологических окон

Таблица G.1 — Расчет неопределенности для одного долгосрочного измерения

Окно	Величина	Используемая формула	M1	M2	M3	M4	Результат расчета
День	Продолжительность события[a]		0,2	0,4	0,4	0	
	Число измерений		15	30	30		
	$L_{k'}$	Формула (15)	48,8	55,3	58,1		
	$u_{k'}$	Формулы (16), (17), (18)	0,8	0,5	0,5		
	L_{res}		43	39	43		
	u_{res}		1,0	0,5	0,7		
	L_k	Формулы (19), (F.6)	47,4	55,2	57,9		
	u_k	Формула (F.9)	1,1	0,5	0,5		
	L_{day}	Формула (9)					55,92
	u_{weight}	Формула (F.5) с $u_{p_i} = 0,05$					0,60
	L_{dayref}[b]	$L_{day} + 1$					56,92
	u_{dayref}[c]	Формула (6) для $u_{air} = 0,2$					0,63
Вечер	Продолжительность события[a]		0,1	0,3	0,3	0,3	
	Число измерений		15	20	20	20	
	$L_{k'}$	Формула (15)	46,5	52,2	55,5	56,7	
	$u_{k'}$	Формулы (16), (17), (18)	0,8	0,6	0,5	0,5	
	L_{res}		42	39	43	43	
	u_{res}		1,0	0,7	0,9	0,9	
	L_k	Формулы (19), (F.6)	44,7	52,0	55,3	56,5	
	u_k	Формула (F.9)	1,2	0,6	0,5	0,5	
	$L_{evening}$	Формула (9)					54,54
	u_{weight}	Формула (F.5) для $u_{p_i} = 0,05$					0,42
	$L_{eveningref}$[b]	$L_{evening}$ +0,8					55,34
	$u_{eveningref}$[c]	Формула (6) для $u_{air} = 0,2$					0,47
Ночь	Продолжительность события[a]		0,1	0,2	0,3	0,5	
	Число измерений		15	20	20	20	
	$L_{k'}$	Формула (15)	44,9	50,4	53,7	54,9	

Окончание таблицы G.1

Окно	Величина	Используемая формула	М1	М2	М3	М4	Результат расчета
	$u_{k'}$	Формулы (16), (17), (18)	0,7	0,5	0,5	0,4	
	L_{res}		40	39	43	43	
	u_{res}		1,0	0,7	0,9	0,9	
	L_k	Формулы (19), (F.6)	43,2	50,1	53,4	54,6	
	u_k	Формула (F.9)	1,1	0,6	0,5	0,5	
	L_{night}	Формула (9)					53,21
	u_{weight}	Формула (F.5) для $u_{p_i} = 0,05$					0,43
	$L_{nightref}$[b]	$L_{night} + 0,6$					53,81
	$u_{nightref}$[c]	Формула (6) для $u_{air} = 0,2$					0,47
DEN	L_{den}	Формула (1)					60,6
	u_{den}	Формула (F.5) для $u_{p_i} = 0$					0,34

[a] Доля общего времени.
[b] Определение данной величины — см. приложение D.
[c] См. приложение D.

Таблица G.1 и формула (G.1) составляют пример расчета неопределенности долгосрочного измерения. Было проведено 75 24-часовых измерений, сгруппированных по дневному, вечернему и ночному времени суток, а также по четырем видам метеорологических окон. Предполагалась несмещенность полученных выборок, что подразумевало их репрезентативность в отношении возможных вариаций. В таблице G.1 измеренные значения (показания) использованы для оценки стандартной неопределенности для каждого вида метеорологического окна. Внесены коррекции на остаточный шум (им соответствуют величины без индекса «'») отдельно для дня, вечера и ночи. Частота появления событий была взята из метеорологической статистики, и в соответствии с этой статистикой стандартные неопределенности для всех частот оценены как 0,05. В таблицу G.1 не включены неопределенности, связанные со средством измерений (шумомером) и местоположением микрофона. В формулу (G.1) они включены отдельными слагаемыми в предположении, что они одинаковы для всех измерений.

Суммарная стандартная неопределенность, включая погрешности, связанные с шумомером и местоположением микрофона, рассчитана по формуле:

$$u = \sqrt{u_{den}^2 + u_{sim}^2 + u_{loc}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,5^2 + 0,4^2} = 0,7 \text{ дБ}. \quad (G.1)$$

Для получения расширенной неопределенности полученное значение следует умножить на коэффициент охвата, равный двум.

G.2 Однократное измерение при благоприятных условиях

В таблице G.2 приведен расчет неопределенности одного измерения вдоль дороги в течение 1 ч при благоприятных условиях распространения. Исходная информация, необходимая для интерпретации данных таблицы G.2, приведена в B.1, F.2, формулах (12) и (14).

Таблица G.2 — Бюджет неопределенности для одного измерения при благоприятных условиях распространения

Величина	Оценка	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
$L_{eq,1h}$	L' = 58 дБ	0,5	$c_{L'} = \frac{1}{1-10^{-0,1(L'-L_{res})}}$, формула (F.7)	0,59

Окончание таблицы G.2

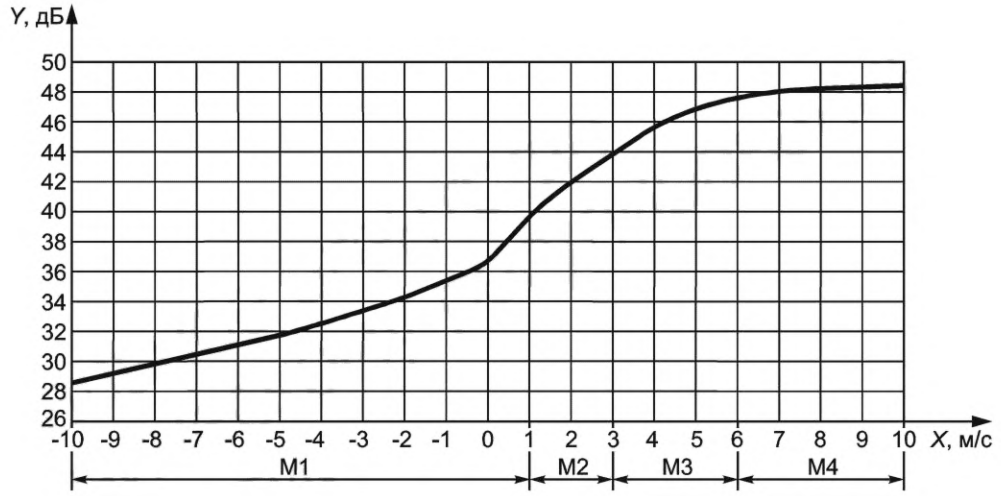
Величина	Оценка	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
δ_{slm}	0 дБ	0,5 (по умолчанию)		См. L'
δ_{sou}	1000 автомобилей	$\frac{10}{\sqrt{1000}} = 0{,}3$, формула (8)	1	0,3
δ_{met}	Благоприятные условия	2,0, формула (12)	1	2,0
δ_{loc} (приложение B)	+5,7 дБ	0,40	1	0,40
δ_{res}	L_{res} = 50 дБ	2	$c_{res} = \frac{-10^{-0{,}1(L'-L_{res})}}{1-10^{-0{,}1(L'-L_{res})}}$, формула (F.8)	0,38
$u(L_m) = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(c_j u_j)^2}$				2,18
Расширенная неопределенность (вероятность охвата 95 %)				4,36

G.3 Долгосрочные величины, рассчитанные на основе краткосрочных измерений

Примечание — В данном примере неопределенность частоты возникновения события (см. F.1) полагается пренебрежимо малой и используются виды метеорологических окон, отличные от указанных в разделе 8.

Для каждого краткосрочного измерения можно определить неопределенность, как указано в таблице G.2. Результат измерения должен быть приведен к нормальным условиям оценки уровня звукового давления для долгосрочных измерений. Методика такой коррекции описана в приложении D. Следующей поправкой, которую необходимо принять во внимание, является поправка на атмосферные условия. Ее расчет требует наличия данных для достаточно большого количества атмосферных условий, чтобы иметь возможность комбинировать эти данные в соответствии с фактической совокупностью условий. Необходимые данные могут быть получены либо посредством измерений в соответствующих условиях, либо коррекцией имеющихся данных на требуемые условия с помощью известного метода прогнозирования. Зачастую использование метода прогнозирования может обеспечить не меньшую точность, чем проведение дополнительных измерений, поскольку однократные измерения при всех условиях кроме благоприятных имеют низкую точность.

Предполагается, что определяемой долгосрочной величиной является среднегодовой уровень. При этом доступна полная метеорологическая статистика, а условия распространения разделены на четыре метеорологических окна: неблагоприятные (M1), нейтральные (M2), благоприятные (M3) и весьма благоприятные (M4). Результаты для всех окон представлены на рисунке G.1 в виде расчетного уровня звукового давления на расстоянии 200 м от дороги с использованием руководства Nord 2000 (см. приложение L). Видно, что при разных атмосферных условиях уровень звукового давления изменяется в пределах примерно 20 дБ.



X — компонента скорости ветра в направлении распространения звука, м/с; *Y* — уровень звукового давления, дБ; М1 — метеорологическое окно для неблагоприятных условий распространения звука; М2 — метеорологическое окно для нейтральных условий распространения звука; М3 — метеорологическое окно для благоприятных условий распространения звука; М4 — метеорологическое окно для весьма благоприятных условий распространения звука

Рисунок G.1 — Расчетные уровни звукового давления с использованием руководства Nord 2000 (см. приложение L) на расстоянии 200 м от дороги

Предполагается, что каждое метеорологическое состояние существует в течение доли времени p_i или как в приведенном ниже примере 40 %, 30 %, 20 % и 10 % общего времени соответственно. Доступны результаты одного измерения при благоприятных условиях, L_{fav}, дБ. Оценки для остальных условий получают как разность между ΔL_i, дБ, и L_{fav}. Тогда среднегодовое значение L_{year}, дБ, можно вычислить по формуле

$$L_{year} = L_{fav} + 10\lg\left[\sum_{i=1}^{4} p_i 10^{0,1\Delta L_i}\right]. \quad (G.2)$$

Поправку ΔL_i рассчитывают методом прогнозирования с использованием атмосферных условий в качестве входных переменных. Примерами таких методов являются Harmonoise [18] и Nord 2000 (см. приложение L). В этом случае, используя вышеприведенные данные и данные в столбце 2 таблицы G.3, получают

$$L_{year} = L_{fav} - 1,3. \quad (G.3)$$

В таблице G.3 приведен пример расчета неопределенности. Коэффициенты чувствительности определяют по формуле (F.4) заменой L_i на ΔL_i. Знаменатель формулы (F.4) становится равным 0,75. Стандартные неопределенности рассчитанных поправок ΔL_i соответствуют примеру, показанному на рисунке G.1. Данные для уровня звукового давления из рисунка G.1 в отношении условий против ветра, вероятно, не очень точны, поскольку опыт показывает, что для этих условий разброс значений уровня будет больше. Тем не менее, эти данные использованы здесь в качестве примера, и, как видно из таблицы G.1, они не являются критичными, поскольку вклад в неопределенность для данного окна незначителен ввиду очень малого значения коэффициента чувствительности. Для частоты появления событий предполагается, что соответствующая им неопределенность равна 25 % или 1 дБ. Видно, что для рассмотренного примера вклад расчетных поправок в общую неопределенность измерения является весьма умеренным.

Таблица G.3 — Бюджет неопределенности долгосрочных величин, рассчитанный по краткосрочным измерениям

Величина	Оценка	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
L_{fav} (измеренное)	L_{fav} (см. G2)	2,18	1	2,18
ΔL_{fav} (М3, измеренное)	0	0	$\frac{0,2}{0,75} = 0,27$	0

Окончание таблицы G.3

Величина	Оценка	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
ΔL_{vfa} (M4, расчетное)	+2	2	$\frac{0,3 \cdot 10^{0,2}}{0,75} = 0,64$	1,27
ΔL_{neu} (M2, расчетное)	−6	3	$\frac{0,2 \cdot 10^{-0,6}}{0,75} = 0,07$	0,20
ΔL_{ufa} (M1, расчетное)	−12	5	$\frac{0,3 \cdot 10^{-1,2}}{0,75} = 0,03$	0,13
p_1	0,3	0,1	8,9	0,09
p_2	0,2	0,1	7,8	0,08
p_3	0,2	0,1	3,4	0,03
p_4	0,3	0,1	0	0
$u\left(L_{year}\right) = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(c_j u_j\right)^2}$				2,8
Расширенная неопределенность (вероятность охвата 95 %)				5,6

Приложение Н
(справочное)

Максимальные уровни звукового давления

Н.1 Определение

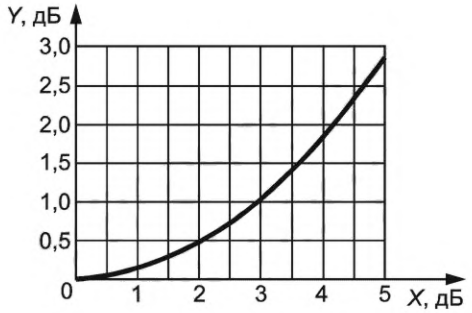
Понятие максимального уровня звукового давления L_{max}, используемое в нормативных документах, может быть интерпретировано разными способами. Для заданного интервала времени оно может означать, например, наибольший из максимальных уровней звукового давления, среднее арифметическое значение максимальных уровней звукового давления, среднее по энергии значение максимальных уровней звукового давления, максимальный уровень звукового давления, превышенный n раз, или максимальный уровень звукового давления, превышенный x % числа всех акустических событий. При определении L_{max} обычно применяют временную функцию шумомера F, но временная функция S также может быть использована, в частности, для авиационного шума.

Н.2 Расчет требуемого L_{max}

Для нормального распределения со стандартным отклонением s связь между средним по энергии значением L_{em}, дБ, и средним арифметическим значением , $\overline{L}$ дБ, определяется формулой

$$L_{em} - \overline{L} = 0{,}05\ln(10)\cdot s^2. \qquad (Н.1)$$

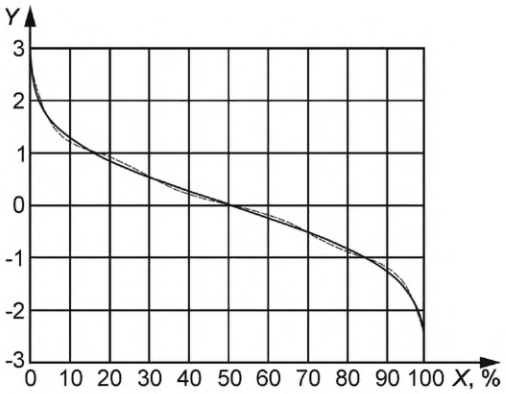
График функции, заданной формулой (Н.1), показан на рисунке Н.1.



X — стандартное отклонение s, дБ; Y — разность уровней, дБ

Рисунок Н.1 — Разность среднего по энергии и среднего арифметического значения уровней для нормального распределения

Законодательством может быть определено максимально допустимое число превышений установленного уровня L_{Amax}, например не более пяти раз. Для расчета этого уровня должно быть известно статистическое распределение. В предположении нормальности распределения L_{AFmax} можно определить по формуле (Н.1) и рисунку Н.2. Если есть сомнения относительно вида распределения, рекомендуется выполнить проверку гипотезы о нормальности распределения.



X — доля автомобилей с $L > (L_{mean} + y)$, %; Y — число y стандартных отклонений; ——— — точная зависимость; _ _ _ _ _ _ _ — аппроксимация многочленом

Рисунок Н.2 — Функция $y = P(x)$

Примечание — Функция $P(x)$ дает процент отдельных событий, при которых математическое ожидание нормального распределения максимальных уровней звукового давления будет превышено на определенное число y стандартных отклонений.

Функция, изображенная на рисунке Н.2, может быть аппроксимирована полиномом $P(x)$, приведенным в таблице Н.1.

Таблица Н.1 — Одночлены полинома $P(x)$, аппроксимирующего функцию, изображенную на рисунке Н.2

Коэффициент одночлена	Степенная функция одночлена
−0,000 000 000 011 30	x^7
0,000 000 003 956 95	x^6
−0,000 000 554 938 24	x^5
0,000 039 787 543 03	x^4
−0,001 546 754 753 18	x^3
0,032 077 760 884 65	x^2
−0,357 438 793 113 49	x^1
2,769 350 960 177 43	x^0

n-е значение максимального уровня звукового давления в порядке их возрастания для N акустических событий (транспортных средств) определяется формулой

$$L_{Amax,n} = \overline{L_{Amax}} + P\left(\frac{100 \cdot n}{N}\right)s. \quad (Н.2)$$

Процентили распределения максимальных уровней звукового давления рассчитывают по формуле

$$L_{max,p} = \overline{L_{max}} + y \cdot s, \quad (Н.3)$$

где $L_{max,p}$ — максимальный уровень, превышенный p % событий, дБ;

$\overline{L_{max}}$ — среднее арифметическое L_{max} для всех событий, дБ;

s — стандартное отклонение максимальных значений уровней звукового давления для совокупности всех возможных событий, дБ;

y — число стандартных отклонений, определяющее $L_{max,p}$ (см. рисунок Н.2).

Приложение I
(справочное)

Измерение остаточного шума

I.1 Общие положения

Уровень звукового давления остаточного шума зачастую трудно определить непосредственным измерением, что вынуждает прибегать к приближенным оценкам. В настоящем приложении приведены некоторые способы такого оценивания. Каждая оценка должна сопровождаться указанием неопределенности измерения. Для всех измерений следует убедиться, что собственный шум средств измерений достаточно низок (предпочтительно ниже уровня измеряемого акустического шума на 5 дБ и более).

Неопределенность, обусловленная оценкой остаточного шума, рассматривается в F.2. Ее следует учитывать во всех случаях, когда она может внести существенный вклад в общую неопределенность измерения.

I.2 Процентный уровень превышения

I.2.1 Оценка непосредственным измерением

Если исследуемый источник шума не вносит значительного вклада в общий уровень звукового давления в течение не менее 5 % всего времени измерения, то за эквивалентный уровень звукового давления остаточного шума принимают уровень 95-процентного превышения L_{95} на всем интервале измерений.

I.2.2 Расчетная оценка на основе измерений L_{50} и L_{90} или L_{95}

Если остаточный шум может быть описан нормальным распределением, что приводит к бимодальному распределению общего шума, эквивалентный уровень звукового давления остаточного шума может быть оценен по эмпирическому распределению значений уровней звукового давления, полученных в ходе измерений, на основе уровней N-процентного превышения L_N по формулам:

$$L_{eq,Gauss} = L_{50} + 0{,}115\left(\frac{L_{50} - L_{90}}{1{,}28}\right)^2 \quad (I.1)$$

или

$$L_{eq,Gauss} = L_{50} + 0{,}115\left(\frac{L_{50} - L_{95}}{1{,}65}\right)^2. \quad (I.2)$$

Примечание — Формулы взяты из [14].

При отсутствии измерений L_{res} можно определить расчетным путем.

Если остаточный шум связан с определенным видом транспортного шума или другими источниками, характеристики которых могут быть рассчитаны надежными методами прогнозирования, то эти характеристики принимают в качестве репрезентативных параметров для оценки остаточного шума.

I.3 Оценка стандартной неопределенности u_{res}

Трудность в непосредственных измерениях остаточного шума приводит к трудностям в оценке связанной с остаточным шумом неопределенности. Можно предложить выполнить повторно процедуру, используемую для определения L_{res}, от трех* до пяти раз, после чего рассчитать выборочное стандартное отклонение. Однако зачастую разброс результатов измерений шума велик, что свидетельствует об относительно малом вкладе оценки остаточного шума в общую неопределенность измерения. В данной ситуации достаточно ограничиться весьма грубой оценкой u_{res}.

---

* *Согласно ГОСТ 34100.3.1—2017 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло» (подпункт 6.4.9.4) число повторов для определения u_{res} должно быть не менее четырех.*

Приложение J
(справочное)

Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме. Технический метод

J.1 Общие положения

Анализ шума с целью выявления наличия в нем заметного тона требует учета особенностей функционирования слуховой системы. Для этого определяют уровень тона и уровень маскирующего шума в критической полосе частот вокруг этого тона. Если критическая полоса содержит несколько тонов, то проводят энергетическое суммирование уровней этих тонов. Тоны, лежащие за пределами критической полосы, лишь незначительно влияют на слышимость тона внутри критической полосы.

Слышимый в отсутствии тона шум в разной степени снижает воспринимаемую громкость тона, оказывая маскирующий эффект в присутствии тона.

Разность уровней тона и маскирующего шума сравнивается с индексом маскирования a_v (имеющим отрицательное значение). Если эта разность меньше или равна a_v, то тон маскируется, а если разность больше a_v, то тон считают слышимым.

Шум в критических полосах, лежащих в области низких частот, также может приводить к маскировке тонов. Однако, поскольку в большинстве практических приложений (особенно для широкополосных шумов) данный эффект незначителен, то в настоящем приложении для простоты им пренебрегают.

Критерий заметного тона в настоящем приложении применяют только к шуму, воспринимаемому в конкретном месте. Расчет слышимости тона выполняют по суммарному уровню оцениваемого шума, а не в отдельной частотной (например, октавной) полосе. Если слышимость тона в соответствии с настоящим приложением определяют в отношении шума конкретного предприятия или отдельных источников шума на этом предприятии, то полученный результат нельзя распространить на оценку тональных составляющих в шуме, создаваемом в обычных условиях помимо рассматриваемого предприятия также другими источниками (другими промышленными предприятиями).

J.2 Метод измерения

Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме приведен в [20].

J.3 Применение

Стандарт [20] можно использовать для определения слышимости тонов, присутствующих в спектре. Значение слышимости может быть использовано для определения значимости тонов и принятия решения, должны ли связанные с этим ограничительные меры или корректировки быть отнесены к определенному источнику. В ИСО 1996-1:2016 (приложение А) установлено, что наличие значимых тональных составляющих предполагает корректировку измеренного уровня звукового давления на величину от 3 до 6 дБ, добавляемую к измеренному уровню для получения соответствующего оценочного уровня.

Примечание — Ни стандарт [20], ни ИСО 1996-1 в настоящее время не устанавливают метод определения величины коррекции K_T на тональный шум. Рекомендуется определять K_T по средней слышимости ΔL, используя таблицу J.1. ΔL определена в [20].

Таблица J.1

Средняя слышимость ΔL, дБ	Тональная коррекция K_T, дБ
$\Delta L \le 0$	0
$0 < \Delta L \le 2$	1
$2 < \Delta L \le 4$	2
$4 < \Delta L \le 6$	3
$6 < \Delta L \le 9$	4
$9 < \Delta L \le 12$	5
$12 < \Delta L$	6

Из-за небольшой точности субъективной оценки шума часто целесообразнее использовать шаги K_T более крупные, чем 1 дБ, например 3 дБ, т. е.

$\Delta L \le 2$ дБ: $K_T = 0$ дБ

2 дБ $< \Delta L \le 9$ дБ: $K_T = 3$ дБ

$\Delta L > 9$ дБ: $K_T = 6$ дБ.

Приложение К
(справочное)

Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме. Ориентировочный метод

Испытание на обнаружение значимой дискретной спектральной составляющей (тона) обычно заключается в сравнении среднего по времени уровня звукового давления в некоторой третьоктавной полосе с таким же уровнем в двух соседних третьоктавных полосах. Дискретный тон идентифицируют как присутствующий, если средний по времени уровень звукового давления в данной третьоктавной полосе превышает уровни в обеих соседних третьоктавных полосах на заданную постоянную величину.

Разность уровней может меняться в зависимости от частоты. Возможные варианты разности уровней: 15 дБ в третьоктавных полосах области низких частот (от 25 до 125 Гц), 8 дБ в третьоктавных полосах области средних частот (от 160 до 400 Гц) и 5 дБ в третьоктавных полосах области высоких частот (от 500 до 10 000 Гц).

Приложение L
(справочное)

Национальные и европейские модели расчета для разных источников шума

L.1 Дорожное движение

Австрия: национальный стандарт RVS 3.02 Lärmschutz (Защита от шума), декабрь 1997 г.

Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция:

- Road Traffic Noise — Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:525, ISBN 92 9120 836 1, ISSN 0908-6692 (Шум дорожного движения. Северный метод прогнозирования) (больше не используется в Дании, является официальным методом в других странах);

- Nord2000 Road. New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise (Дорога. Новый скандинавский метод прогнозирования дорожного шума) (доступен на сайте gost.e-ecolog.ru иальный метод в Дании, неофициально используется в других странах).

Европейский Союз: модель CNOSSOS-EU [12].

Франция: Французский метод прогнозирования автотранспортного, железнодорожного шума и шума промышленных предприятий NF S 31-133:2011 Acoustics — Outdoor noise — Calculation of sound levels, AFNOR, February 2011. NF S 31-133:2011 (Акустика. Внешний шум. Расчет уровней шума) (справочное программное обеспечение доступно на сайте gost.e-ecolog.ru).

Германия: RLS-90. Richtlinien für den Lärmschutz an Straβen (Рекомендации по уличному шуму).

Япония: Road traffic noise prediction model ASJ RTN-Model 2013 (Модель прогнозирования автотранспортного шума) [технический отчет, опубликованный в журнале Acoust. науч. и тех. Том. 36 (2015); доступен на сайте http:// gost.e-ecolog.ru

Нидерланды: Rekenen Meetvoorsschrift Wegverkeerslawaai 2012 (Руководства по расчету шума дорожного движения) [определяют базовый метод (Standaard Rekenmethode I) и расширенный метод (Standaard Rekenmethode II)].

Швейцария: StL-86.

Великобритания: CRTN-88 (рассчитывается 18-часовой уровень L_{10}).

США: TNM 1998 (геометрическая и дифракционная теории распространения звука, спектры в 1/3-октавных полосах частот).

L.2 Железнодорожное движение

Австрия: Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr, Zugverkehr, Verschub- und Umschlagbetrieb (Расчет излучения шума железнодорожного движения, движения поездов, маневровых и погрузочно-разгрузочных работ)

Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция:

- Road Traffic Noise — Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:524, ISBN 92 9120 837 X, ISSN 0908-6692 (Шум железнодорожного движения. Метод прогнозирования в скандинавских странах) (больше не используется в Дании, является официальным методом в других странах);

- Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise (Новый скандинавский метод прогнозирования шума железнодорожного транспорта) (доступен на сайте gost.e-ecolog.ru иальный метод в Дании, неофициально используется в других странах).

Европейский Союз: модель CNOSSOS-EU [12].

Франция: Французский метод прогнозирования автотранспортного, железнодорожного шума и шума промышленных предприятий NF S 31-133:2011 Acoustics — Outdoor noise — Calculation of sound levels, AFNOR, February 2011. NF S 31-133:2011 (Акустика. Внешний шум. Расчет уровней шума) (справочное программное обеспечение доступно на сайте gost.e-ecolog.ru).

Данные о шуме железнодорожного транспорта во Франции предоставлены в SNCF. Description des donnes ferroviaires relatives à la cartographie stratégique du bruit pour l'échéance 2012. Technical report, SNCF/RFF/DGITM, 12 2011 (Описание железнодорожных данных, относящихся к стратегическому картированию шума на крайний срок 2012 г. Технический отчет), доступный на gost.e-ecolog.ru .

Справочное программное обеспечение доступно по адресу: gost.e-ecolog.ru les-bibliotheques-logicielles-de-a5604.html.

Германия: Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Расчет оценочного уровня для железных дорог)(Schall 03), BGBl. I 2014, с. 2271—2313.

Япония: K. Nagakura and Y. Zenda, Prediction model of wayside noise level of Shinkansen (Модель прогнозирования уровня придорожного шума поездов Синкансэн), Wave 2002, с. 237—244, BALKEMA PUBLISHERS.

Нидерланды: Rekenen Meetvoorsschrift Wegverkeerslawaai 2012 (Руководства по расчету шума дорожного движения) [определяют базовый метод (Standaard Rekenmethode I) и расширенный метод (Standaard Rekenmethode II)].

Швейцария: Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm (SEMIBEL) (Швейцарская модель эмиссии и иммиссии для расчета железнодорожного шума).

Великобритания: Calculation of Railway Noise (CRN) (Расчет железнодорожного шума).

L.3 Воздушное движение

Канада: Transport Canada NEF (Noise Exposure Forecast) (Прогноз шумового воздействия).

Европейский Союз: ECAC doc 29: Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports (Стандартный метод расчета шумовых зон вокруг гражданских аэропортов).

Швейцария: FLULA2 (Программа моделирования авиационного шума).

США: FAA INM 7.0d (Federal Aviation Administration Integration noise model) (Комплексная модель для расчета шума гражданских самолетов с неподвижным крылом); FAA HNM 2.2 (Federal Aviation Administration Heliport noise model: version 2.2) (Модель расчета шума вертолетных площадок для гражданских вертолетов); USAF-NOISEMAP (United States Air Force NOISEMAP) (Программа ВВС США для расчета шума военных самолетов в аэропортах).

Германия: Bekanntmachung der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) und der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) vom 19.11.2008 (Сбор данных о производстве полетов и расчет противошумовых зон).

L.4 Промышленный шум

Европейский Союз: модель CNOSSOS-EU [12].

Австрия: ÖAL-Richtlinie 28 Schallabstrahlung und Schallausbreitung, 1987 (Излучение звука и распространение звука).

Дания, Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция:

- Environmental noise from industrial plants. General Prediction method. Industrial Noise (Окружающий шум от промышленных предприятий. Общий метод прогнозирования. Промышленный шум) (скандинавский метод прогнозирования аналогичный [9]).

- Nord 2000. New Nordic Prediction Method (Новый скандинавский метод прогноза шума; доступен на сайте gost.e-ecolog.ru

Германия: DIN ISO 9613-2, Akustik — Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien — Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (Акустика. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета).

Япония: Construction noise prediction model of ASJ CN-Model 2002, Acoustical Society of Japan, 2002 (Модель прогнозирования строительного шума).

Нидерланды: Handling Meten en rekenen industrielawaai 2012 [руководство по измерению и расчету промышленного шума базовым методом (Methode I) и расширенным методом (Methode II)].

Франция: Французский метод прогнозирования автотранспортного, железнодорожного шума и шума промышленных предприятий NF S 31-133:2011 Acoustics — Outdoor noise — Calculation of sound levels, AFNOR, February 2011. NF S 31-133:2011 (Акустика. Внешний шум. Расчет уровней шума) (справочное программное обеспечение доступно на сайте gost.e-ecolog.ru).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 1996-1:2016	IDT	ГОСТ Р ИСО 1996-1—2019 «Акустика. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки»
ISO/IEC 17025	IDT	ГОСТ ISO/IEC 17025—2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий»
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	IDT	ГОСТ Р МЭК 60942—2009 «Калибраторы акустические. Технические требования и требования к испытаниям»
IEC 61260	—	*
IEC 61672-1	NEQ	ГОСТ Р 53188.1—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования»

* Соответствующий национальный 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;
- NEQ — неэквивалентный стандарт.

Библиография

[1] ISO 21748 Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation (Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 21748—2021 «Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений»

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

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ ISO 3745—2014 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности и звуковой энергии источников шума по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных и полузаглушенных камер»

[3] Jonasson H., Carlsson C.-A. Windscreens and directional microphones (in Swedish), SP Report 1989:06

[4] IEC 61672-3 Electroacoustics — Sound level meters — Part 3: Periodic tests (Электроакустика. Шумомеры. Часть 3. Периодические испытания)

[5] IMAGINE. Technical Report IMA09TR-040830-dBA01 on Measurements of Road, Rail and Air Traffic Noise

[6] ICAO Annex 16 Volume 1, Environmental Protection — Aircraft Noise

[7] Nordtest Method NT ACOU 112 Acoustics: Prominence of impulsive sounds and for adjustments of L_{Aeq}

[8] BS 4142 Methods for rating and assessing industrial and commercial sound

[9] ISO 9613-2 Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: General method of calculation (Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ 31295.2—2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета»

[10] ISO 13474 Acoustics — Framework for calculating a distribution of sound exposure levels for impulsive sound events for the purposes of environmental noise assessment (Акустика. Система расчета распределения уровней звукового воздействия импульсного звука для оценки окружающего шума)

[11] Salomons E.M. Computational Atmospheric Acoustics. Springer, 2001, pp. 279.

[12] Kepalopoulos S., Paviotti M., Anfosso-Lédée F. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). EUR 25379 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2012, p.

[13] Jonasson H.G. Source modelling of road vehicles. Acta Acustica (Les Ulis). 2007, 93 pp. 173—184

[14] NF S 31-010 Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement

[15] DIN 45680 Measurement and assessment of low-frequency noise immissions in the neighbourhood

[16] ISO 7196 Acoustics — Frequency-weighting characteristics for infrasound measurement (Акустика. Характеристики частотного взвешивания для инфразвуковых измерений)

[17] Ribeiro C., Ecotiére D., Cellard P., Rosin Ch. Uncertainties of the frequency response of wet microphone windscreens. Applied Acoustics, Volume 78, April 2014, Pages 11-18, ISSN 0003-682X

[18] Salomons E., van Maercke D., Defrance J., de Roo F. The Harmonoise Sound Propagation Model. Acta Acustica united with Acustica, Volume 97, Number 1, January/February 2011, pp. 62—74(13)

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

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ 31295.1—2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой»

[20] ISO/PAS 20065 Acoustics — Objective method for assessing the audibility of tones in noise — Engineering method (Акустика. Объективный метод оценки слышимости тонов в шуме. Технический метод)

[21] ISO 20906 Acoustics — Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports (Акустика. Автоматический мониторинг авиационного шума вблизи аэропортов)

УДК 534.322.3.08:006.354

ОКС 17.140.01
13.140

Ключевые слова: шум, окружающая среда, транспортный шум, железнодорожный шум, шум воздушного транспорта, промышленный шум, атмосферные условия, продолжительность измерений, положения микрофона, измерения характеристик шума, тональный шум, импульсный шум, остаточный шум, оценка результатов измерений, экстраполяция

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 29.09.2023. Подписано в печать 11.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч-изд. л. 5,28.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru