МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 31274— 2004 (ИСО 3741:1999)

Шум машин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ ПО ЗВУКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ

Точные методы для реверберационных камер

ISO 3741:1999
Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation rooms
(MOD)

Издание официальное

БЗ 12—2002/258

Москва
Стандартинформ
2005

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 25 от 26 мая 2004 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Армстандарт
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 3741:1999 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер» (ISO 3741:1999 «Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation rooms»). При этом дополнительные слова и фразы, внесенные в текст стандарта для учета потребностей национальной экономики указанных выше государств или особенностей межгосударственной стандартизации, выделены курсивом. Отличия настоящего стандарта от примененного в нем международного стандарта и объяснения их причин приведены в дополнительном приложении Н

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 июня 2005 г. № 157-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31274—2004 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 октября 2005 г.

6 ВЗАМЕН ГОСТ 12.1.025—81

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта публикуется в указателе «Национальные стандарты».

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений — в информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в информационном указателе «Национальные стандарты»

© Стандартинформ, 2005

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Неопределенность измерений . . . 2
5 Акустические условия . . . 3
5.1 Общие положения . . . 3
5.2 Объем и форма камеры . . . 3
5.3 Требования к звукопоглощению в камере . . . 4
5.4 Требования к уровню фонового шума . . . 4
5.5 Требования к температуре, влажности и давлению . . . 4
6 Средства измерений . . . 5
7 Установка и режим работы испытуемой машины . . . 5
7.1 Общие положения . . . 5
7.2 Место расположения испытуемой машины . . . 5
8 Измерение уровней звукового давления и определение уровня звуковой мощности . . . 5
8.1 Предварительные измерения . . . 5
8.1.1 Установка машины . . . 5
8.1.2 Точки измерения . . . 5
8.1.3 Измерение уровня звукового давления . . . 6
8.1.4 Коррекция на фоновый шум . . . 6
8.1.5 Определение среднеквадратичного отклонения . . . 7
8.1.6 Оценка необходимости дополнительных точек измерения . . . 7
8.1.7 Оценка необходимости увеличения числа мест расположения испытуемой машины в камере . . . 7
8.2 Дополнительные измерения . . . 8
8.3 Определение среднего уровня звукового давления в камере . . . 8
8.4 Определение уровня звуковой мощности в полосе частот . . . 9
8.4.1 Метод определения с учетом эквивалентной площади звукопоглощения в камере (прямой метод) . . . 9
8.4.2 Метод определения с использованием образцового источника шума с известным уровнем звуковой мощности (метод сравнения) . . . 9
8.5 Определение октавных и корректированных по *A* уровней звуковой мощности . . . 10
9 Протокол испытаний . . . 10
Приложение A (обязательное) Проверка пригодности камеры для измерения шума с дискретными частотными составляющими . . . 11
Приложение B (рекомендуемое) Указания по проектированию вращающихся рассеивателей звука . . . 14
Приложение C (рекомендуемое) Измерения в диапазоне частот ниже 100 Гц . . . 14
Приложение D (рекомендуемое) Указания по проектированию реверберационных камер . . . 15
Приложение E (обязательное) Проверка пригодности камеры для измерения широкополосного шума . . . 16

Приложение F (обязательное) Расчет уровней звуковой мощности в октавных полосах и корректированного по *A* уровня звуковой мощности по уровням звуковой мощности в третьоктавных полосах частот 17

Приложение G (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок 18

Приложение H (справочное) Отличия настоящего стандарта от примененного в нем международного стандарта ИСО 3741:1999 19

Библиография 21

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Шум машин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ ПО ЗВУКОВОМУ ДАВЛЕНИЮ

Точные методы для реверберационных камер

Noise of machines. Determination of sound power levels using sound pressure.
Precision methods for reverberation rooms

Дата введения — 2005—10—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на машины, технологическое оборудование и другие источники воздушного шума (далее — машины), которые излучают постоянный широкополосный, узкополосный или тональный шум по ГОСТ 12.1.003, и устанавливает точные методы (прямой и сравнения) определения уровней звуковой мощности в полосах частот и корректированного по А уровня звуковой мощности в реверберационных камерах с приведением результатов измерения к стандартным метеорологическим условиям, соответствующим характеристическому импедансу $\rho c = 400$ *Н · с/м*^{3} *(*ρ *— плотность воздуха; с — скорость звука). Дополнительно по результатам измерений в полосах частот могут быть рассчитаны уровни звуковой мощности, корректированные по другим частотным характеристикам.*

Стандарт применяют, если объем машины не превышает 2 % объема камеры. Если объем машины больше, то среднеквадратичные отклонения воспроизводимости, указанные в таблице 1, будут выше.

Как правило, измерения проводят в третьоктавных полосах от 100 до 10000 Гц, но возможны измерения в полосах частот от 50 до 80 Гц в соответствии с приложением С. Для измерений на частотах выше третьоктавной полосы 10000 Гц рекомендуются методы по [1].

Стандарт может быть использован при измерениях для заявления и контроля значений шумовых характеристик машин по ГОСТ 30691.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 12.1.003—83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 17168—82 Фильтры электронные октавные и третьоктавные. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 17187—81 Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 23941—2002 Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования

ГОСТ 27408—87 Шум. Методы статистической обработки результатов определения и контроля уровня шума, излучаемого машинами

ГОСТ 30691—2001 (ИСО 4871—96) Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик

Издание официальное

ГОСТ 31252—2004 (ИСО 3740:2000) Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 31252 (приложение Е).

4 Неопределенность измерений

Результаты измерений, выполненных в соответствии с настоящим стандартом, имеют среднеквадратичное отклонение воспроизводимости σ_R, которое равно или менее значений, приведенных в таблице 1.

Уровень звуковой мощности, определенный в соответствии с настоящим стандартом, может отличаться от истинного на значение в пределах неопределенности измерений. Неопределенность измерений зависит от условий и методики проведения измерений и средств измерений. Поэтому результаты, полученные при измерениях шума одной и той же машины в разных лабораториях, будут различаться. Среднеквадратичное отклонение воспроизводимости может быть рассчитано по ГОСТ 27408 и, за редким исключением, не будет превышать значений, указанных в таблице 1. Значения в таблице 1 суммируют влияние эффектов, обусловленных методом измерений, но не учитывают вариации уровня звуковой мощности из-за изменения режимов работы (скорости вращения, напряжения питания и т. д.) и монтажа машины.

Таблица 1 — Верхние оценки среднеквадратичных отклонений воспроизводимости уровней звуковой мощности

Ширина полосы	Среднегеометрическая частота, Гц	Верхняя граница среднеквадратичного отклонения воспроизводимости, дБ
Треть октавы	От 100* до 160 » 200 » 315 » 400 » 5000 » 6300 » 10000	3,0 2,0 1,5 3,0
Октава	125* 250 От 500 до 4000 8000	2,5 1,5 1,0 2,0
Корректированный по *A* уровень звуковой мощности, определенный в соответствии с приложением F		0,5**

* Для частот ниже 100 Гц — см. приложение С.
** Для относительно равномерного спектра в диапазоне от 100 до 10000 Гц.

Неопределенность измерений зависит от среднеквадратичного отклонения воспроизводимости и доверительной вероятности. Например, при нормальном законе распределения уровней звуковой мощности с доверительной вероятностью 90 % истинное значение уровня звуковой мощности лежит в интервале $\pm 1{,}645\,\sigma_R$ и с доверительной вероятностью 95 % — в интервале $\pm 1{,}96\,\sigma_R$ от измеренного значения.

Примечания

1 Указанные интервалы (см. также [2]—[4]) справедливы для среднеквадратичных отклонений воспроизводимости $\sigma_R \leq 2$ дБ. Для бóльших значений σ_R доверительные вероятности, соответствующие вышеуказанным интервалам, будут меньше. Однако в общем случае можно ожидать, что истинное значение попадает в интервал $\pm 3\ \sigma_R$ от измеренного значения.

2 Наибольшие источники неопределенности, кроме возникающих из-за возможных отклонений от теоретической модели (прямой метод) и ошибок калибровки образцового источника шума (метод сравнения), связаны с неадекватностью выборки *измерительных данных реальному* звуковому полю и с изменениями акустической связи машины как источника шума и звукового поля (для различных камер и различных зон внутри них). В каждой лаборатории возможно уменьшить неопределенность измерений одним или несколькими из следующих способов:

a) использованием нескольких мест расположения машины в камере;

b) увеличением числа точек измерения или длины траектории сканирования микрофона;

c) применением низкочастотных поглотителей звука для улучшения перекрытия мод *звуковых колебаний в камере;*

d) использованием вращающегося рассеивателя звука.

Кроме того, для уменьшения неопределенности на низких частотах можно использовать большую реверберационную камеру, но при этом может понизиться точность определения уровня звуковой мощности в области высоких частот и, наоборот, в небольшой камере может уменьшиться неопределенность на высоких частотах, но увеличиться на низких частотах. Таким образом, если необходима повышенная точность и имеются две реверберационные камеры, то желательно уровень звуковой мощности в области низких частот определять в камере большего объема, а в области высоких частот — в камере меньшего объема.

3 Результаты определения уровня звуковой мощности данной машины в разных лабораториях, имеющих одинаковое оборудование и средства измерений, могут иметь среднеквадратичные отклонения воспроизводимости σ_R менее, чем приведены в таблице 1.

4 Для семейства машин одинаковых размеров с одинаковыми спектрами уровней звуковой мощности и режимами работы σ_R может быть менее, чем указано в таблице 1. Поэтому стандартами по испытаниям на шум, разработанными на основе настоящего стандарта, могут быть установлены меньшие значения σ_R по сравнению с данными таблицы 1 в случаях, обоснованных результатами межлабораторных испытаний.

5 Среднеквадратичные отклонения воспроизводимости в таблице 1 включают в себя неопределенность, характеризующую сходимость измерений, выполненных на одной и той же машине при одинаковых условиях (среднеквадратичное отклонение сходимости). Эта неопределенность обычно много меньше неопределенности при межлабораторных испытаниях. Но если при повторных измерениях трудно поддерживать стабильный режим работы или условия монтажа, то среднеквадратичное отклонение сходимости может быть немалым по сравнению со значениями таблицы 1. В этих случаях трудность получения повторяемых значений уровней звуковой мощности должна быть отмечена в протоколе испытаний.

6 Методы настоящего стандарта и среднеквадратичные отклонения воспроизводимости, приведенные в таблице 1, применимы к измерениям на единичной машине. При определении уровней звуковой мощности партий машин одного семейства или типа используют случайные выборки, с помощью которых определяют доверительные интервалы, а для получения результатов измерения используют верхние границы доверительных интервалов. При применении этих методов должно быть известно или оценено суммарное среднеквадратичное отклонение, включающее в себя среднеквадратичное отклонение стабильности производства по ГОСТ 27408, которое является мерой изменения звуковой мощности единичных машин в партии. Статистические методы определения шумовых характеристик партий машин — по ГОСТ 27408.

5 Акустические условия

5.1 Общие положения

Указания по проектированию реверберационных камер приведены в приложении D. Камера должна быть достаточно большой и иметь достаточно низкое общее звукопоглощение, чтобы обеспечить образование реверберационного звукового поля в диапазоне частот измерений.

5.2 Объем и форма камеры

Минимальный объем камеры должен соответствовать таблице 2. Реверберационные камеры меньшим объемом, чем в таблице 2, или объемом, превышающим 300 м^3, должны быть проверены по приложению Е на пригодность для измерений широкополосного шума.

Таблица 2 — Минимальный объем камеры в зависимости от среднегеометрической частоты нижней третьоктавной полосы диапазона частот измерений

Нижняя третьоктавная полоса диапазона частот измерений f, Гц	Минимальный объем камеры V, м^3
100	200
125	150
160	100
200 и более	70

5.3 Требования к звукопоглощению в камере

Минимальное расстояние между машиной и точками измерения главным образом зависит от звукопоглощения в камере. От него также зависят излучение машины и частотные характеристики испытательного пространства. Поэтому звукопоглощение не должно быть чрезмерно большим, но должно быть и не очень малым (см. приложение D).

Ближайшие к машине поверхности камеры должны иметь коэффициент звукопоглощения менее 0,06. Остальные поверхности должны иметь такое звукопоглощение, чтобы время реверберации T_{rev} (см. 8.4.1) в каждой третьоктавной полосе при удаленной из камеры испытуемой машине численно превышало отношение V к S, то есть:

$$T_{rev} > V/S, \quad (1)$$

где T_{rev} — время реверберации, с;

V — объем камеры, м^3;

S — общая площадь ограждающих поверхностей камеры, м^2.

Если время реверберации не удовлетворяет критерию (1), то пригодность камеры для измерения широкополосного шума должна быть проверена по приложению Е.

5.4 Требования к уровню фонового шума

Усредненные по точкам измерения или траектории микрофона уровни фонового шума во всех полосах диапазона частот измерений должны быть по меньшей мере на 10 дБ ниже уровней звукового давления при работе испытуемой машины.

Для машин с низким уровнем шума условие $\Delta L > 10$ дБ может соблюдаться не во всех полосах частот. Полосы, в которых корректированные по A уровни звуковой мощности (см. приложение F) более чем на 15 дБA ниже наибольшего корректированного по A полосного уровня звуковой мощности, могут быть исключены из рассмотрения.

Если применяется метод сравнения с использованием образцового источника шума (8.4.2), то уровень фонового шума должен быть по меньшей мере на 15 дБ ниже уровня звукового давления при работе образцового источника шума во всех полосах диапазона частот измерений.

5.5 Требования к температуре, влажности и давлению

В местах расположения микрофонов изменения температуры и относительной влажности должны быть в пределах, указанных в таблице 3.

Таблица 3 — Допустимые пределы изменения температуры и относительной влажности при измерениях

Диапазон температуры θ, °С	Диапазон относительной влажности, %		
	Менее 30	От 30 до 50	Более 50
	Допустимые пределы изменения температуры и относительной влажности		
$-5 \le \theta < 10$	± 1 °С; ± 3 %	± 1 °С; ± 5 %	± 3 °С; ± 10 %
$10 \le \theta < 20$		± 3 °С; ± 5 %	
$20 \le \theta < 50$	± 2 °С; ± 3 %	± 5 °С; ± 5 %	± 5 °С; ± 10 %

Атмосферное давление должно быть измерено с погрешностью в пределах ±1,5 кПа.

Пределы, указанные в таблице 3, в общем случае достаточны. Однако стандартами по испытаниям на шум могут быть заданы другие требования к температуре и влажности воздуха для машин конкретных видов, особенно если их режим работы значительно зависит от окружающих условий.

6 Средства измерений

Средства измерений (шумомер или другая измерительная система), включая микрофон, должны соответствовать классу 1 по ГОСТ 17187 *или [5].* Электронные полосовые фильтры должны соответствовать классу 1 по ГОСТ 17168 *или [6].*

При сканировании микрофона по траектории применяют интегрирующие шумомеры или измерительные системы, соответствующие классу 1 по [5].

Микрофон должен быть калиброван для диффузного поля. Рекомендуемая методика калибровки — по [7].

Перед каждой серией измерений измерительная система должна быть калибрована калибратором 1-го класса по [8] *(погрешность калибратора — в пределах ± 0,3 дБ)* на одной или нескольких частотах диапазона частот измерений.

7 Установка и режим работы испытуемой машины

7.1 Общие положения

Монтаж испытуемой машины на месте установки в камере и выбор режима ее работы проводят по ГОСТ 23941 (разделы 5 и 6).

7.2 Место расположения испытуемой машины

Машину устанавливают в одном или нескольких положениях относительно ограждающих поверхностей камеры так же, как в типовых условиях эксплуатации. Если место расположения машины не указано в стандарте по испытаниям на шум, то ее устанавливают на полу, не ближе 1,5 м от ограждающих поверхностей камеры.

Если необходимо использовать два или более места расположения в соответствии с 8.1.7, то расстояние между ними должно быть равно или более половины длины волны, соответствующей среднегеометрической частоте низшей полосы диапазона частот измерений.

Если пол реверберационной камеры прямоугольный, то машину устанавливают на полу асимметрично.

8 Измерение уровней звукового давления и определение уровня звуковой мощности

8.1 Предварительные измерения

8.1.1 Установка машины

Устанавливают испытуемую машину в камере в одном из положений в соответствии с разделом 7.

8.1.2 Точки измерения

Минимальное расстояние d_{min}, м, между машиной и ближайшей точкой измерения для каждой полосы частот рассчитывают по формуле

$$d_{min} = C_1 \sqrt{V/T_{rev}}, \qquad (2)$$

где C_1 — числовой коэффициент (C_1 = 0,08);

V — объем реверберационной камеры, м^3;

T_{rev} — время реверберации, с.

Если используют метод сравнения, то минимальное расстояние между машиной и ближайшей точкой измерения рассчитывают по формуле

$$d_{min} = C_2 \cdot 10^{(L_{Wt} - L_{pt})/20}, \qquad (3)$$

где C_2 — числовой коэффициент (C_2 = 0,4);

$L_{W\text{т}}$ — известный уровень звуковой мощности образцового источника шума, дБ;

$L_{p\text{т}}$ — средний уровень звукового давления при работе образцового источника шума в камере, дБ.

Для минимизации ошибок измерений в ближнем звуковом поле настоятельно рекомендуются следующие значения числовых коэффициентов: C_1 = 0,16 и C_2 = 0,80.

Если камера не проверена в соответствии с приложением А, то выбирают 6 точек измерения для оценки среднеквадратичного отклонения. Они должны быть удалены более чем на 1,0 м от любой из ограждающих поверхностей камеры и более чем на $d_{\min}$ от машины. Минимальное расстояние между точками измерения должно быть равно половине длины волны, соответствующей среднегеометрической частоте нижней полосы диапазона частот измерений.

При проведении измерений, кроме измерений, выполняемых для оценки по формуле (5) среднеквадратичного отклонения s_{M}, допускается сканирование микрофона по траектории.

Если камера при определенном месте установки машины и расположении точек измерения была проверена в соответствии с приложением А, то измерения уровней звукового давления следует проводить при установке машины в то же место и в тех же точках измерения или вдоль той же траектории микрофона, что и при проверке камеры.

Траектория микрофона должна отвечать следующим требованиям:

a) ни одна точка траектории не должна быть ближе чем $d_{\min}$ от машины;

b) ни одна точка траектории не должна быть ближе 1,0 м от любой поверхности камеры;

c) ни одна точка траектории ни в какой момент времени не должна быть ближе 0,5 м от любой из поверхностей вращающегося рассеивателя звука;

d) плоскость, в которой лежит траектория, должна составлять угол не менее 10° с любой из поверхностей камеры;

e) траектория может быть либо прямой линией, либо дугой окружности, либо окружностью. Длина траектории l должна быть по меньшей мере равна или более 3 λ (λ — длина волны, соответствующая среднегеометрической частоте низшей полосы диапазона частот измерений).

Примечание — Траектория требуемой длины может быть составлена из двух и более участков, минимальное расстояние между которыми должно быть более 0,5 λ.

8.1.3 Измерение уровня звукового давления

На каждом режиме работы машины измеряют эквивалентный уровень звукового давления в третьоктавных полосах частот в каждой точке измерения или средний уровень по траектории микрофона.

Продолжительность измерений постоянного шума должна быть не менее 30 с для полос со среднегеометрическими частотами 160 Гц и менее. Для полос со среднегеометрическими частотами 200 Гц и более продолжительность измерений должна быть более 10 с.

Для машин, имеющих неодинаковые уровни шума при выполнении различных операций, продолжительность измерений выбирают для каждой операции, как указано выше, и приводят ее в протоколе испытаний.

При сканировании микрофона по траектории время интегрирования должно быть равно времени прохода микрофона по целому числу полных траекторий, но не менее времени двух проходов.

Если используется вращающийся рассеиватель звука, то продолжительность измерений должна удовлетворять указанным выше требованиям и быть равной целому числу оборотов рассеивателя, но не менее 10 оборотов.

Уровень фонового шума в камере измеряют при неработающей машине. Измеряют эквивалентный уровень звукового давления в третьоктавных полосах частот в каждой точке измерения или средний уровень при сканировании микрофона по траектории. Продолжительность измерений должна быть сравнима с продолжительностью измерений при испытаниях машины. Фоновый шум измеряют непосредственно до или сразу после измерений шума работающей испытуемой машины.

8.1.4 Коррекция на фоновый шум

Измеренные уровни звукового давления в полосах частот должны быть корректированы на влияние фонового шума (см. 8.3) вычитанием коррекции на фоновый шум K_1, дБ, которую рассчитывают для каждой полосы частот по формуле

$$K_1 = -10 \lg(1 - 10^{-0{,}1\Delta L}), \qquad (4)$$

где $\Delta L = \overline{L'_p} - \overline{L''_p}$;

$\overline{L'_p}$ — уровень среднеквадратичного звукового давления в данной полосе частот по всем точкам измерения или по траектории микрофона при работающей испытуемой машине, дБ;

$\overline{L''_p}$ — уровень среднеквадратичного звукового давления фонового шума в данной полосе частот по всем точкам измерения или по траектории сканирования микрофона, дБ.

Формулу (4) применяют для значений 10 дБ ≤ ΔL ≤ 15 дБ. Если ΔL > 15 дБ, то коррекцию на фоновый шум не делают.

Для малошумных машин в некоторых полосах частот может оказаться, что ΔL < 10 дБ. В этом случае максимальную коррекцию на фоновый шум в этих полосах принимают равной 0,5 дБ. При этом в тексте протокола испытаний, в таблицах результатов и на графиках должно быть указано, что приведенные в них данные представляют верхнюю границу уровней звуковой мощности.

8.1.5 Определение среднеквадратичного отклонения

По уровням звукового давления, измеренным в шести точках по приведенной выше методике, вычисляют среднеквадратичное отклонение s_{M}, дБ, по формуле

$$s_{\text{M}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{\text{M}}} (L_{pi} - L_{pm})^2 / (N_{\text{M}} - 1)}, \qquad (5)$$

где L_{pi} — эквивалентный уровень звукового давления в i-й точке измерения, дБ;

L_{pm} — среднеарифметическое значение уровня звукового давления по шести точкам измерения, дБ;

N_{M} — число точек измерения (N_{M} = 6).

Примечание — Вычислять s_{M} нет необходимости, если камера проверена на пригодность для измерения шума с дискретными частотными составляющими по приложению А.

8.1.6 Оценка необходимости дополнительных точек измерения

Число точек измерения N_{M}, необходимое для определения среднего уровня звукового давления в камере по 8.3, определяют по таблице 4 по среднеквадратичному отклонению, рассчитанному по формуле (5).

При сканировании микрофона длину траектории l, м, вычисляют по формуле

$$l \geq (\lambda/2) N_{\text{M}}, \qquad (6)$$

где λ — длина волны, соответствующая среднегеометрической частоте полосы измерения, м;

N_{M} — число точек измерения по таблице 4.

Если камера проверена и пригодна для измерения шума с дискретными частотными составляющими в соответствии с приложением А, вышеописанная процедура не нужна и число точек измерения (или длина траектории сканирования микрофона) должно быть таким же, как и при проверке камеры.

Таблица 4 — Минимальное число точек измерения N_{M} для измерения уровней звукового давления

Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Минимальное значение N_{M} при среднеквадратичном отклонении, дБ		
	$s_{\text{M}} \leq 1{,}5$	$1{,}5 < s_{\text{M}} \leq 3$	$s_{\text{M}} > 3$
100, 125, 160	6	6	6
200, 250, 315		6	12
400, 500, 630		12	24
Более 800		15	30

8.1.7 Оценка необходимости увеличения числа мест расположения испытуемой машины в камере

Если среднеквадратичное отклонение уровней звукового давления по 8.1.5 превышает 1,5 дБ, то шум содержит существенные дискретные частотные составляющие. В этом случае следует либо модифицировать камеру и изменить место расположения машины в ней и положения точек измерения, чтобы была обеспечена пригодность камеры в соответствии с приложением А, либо увеличить число мест расположения машины N_{S}, определяя его по формуле

$$N_S \geq K_S[(T_{rev}/V)(1000/f)^2 + 1/N_M], \quad (7)$$

где K_S — числовой коэффициент, определяемый по таблице 5;
T_{rev} — время реверберации, с;
V — объем камеры, м^3;
f — среднегеометрическая частота полосы измерения, Гц;
N_M — число точек измерения по таблице 4.

Примечание — В соответствии с результатами новейших исследований [9]—[12] использовавшийся ранее перед произведением $(T_{rev}/V)(1000/f)^2$ множитель 0,79 увеличен до 1,0.

Таблица 5 — Минимальное число мест расположения машины N_S и значение числового коэффициента K_S при измерении уровня звукового давления

Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	K_S при среднеквадратичном отклонении, дБ		
	$s_M \leq 1,5$	$1,5 < s_M \leq 3$	$s_M > 3$
100, 125, 160	—	2,5	5
200, 250, 315		5	10
400, 500, 630		10	20
Более 800		12,5	25
Минимальное число мест N_S	1	По формуле (7)	

Примечание — Применение вращающегося рассеивателя звука может снизить число дополнительных мест расположения машины. Потребность в дополнительных местах расположения машины может быть также снижена уменьшением времени реверберации, что увеличивает перекрытие мод. Для частот ниже 1000 Гц рекомендуется следующее время реверберации T_{rev}, с:

$$T_{rev} < V(f/1000)^2,$$

где V — объем камеры, м^3;
f — среднегеометрическая частота полосы измерения, Гц.

Указания по проектированию вращающихся рассеивателей звука приведены в приложении В.

8.2 Дополнительные измерения

Если предварительных измерений в шести точках и одном месте расположения машины недостаточно согласно 8.1.6 и 8.1.7, то должны быть проведены измерения в дополнительных точках и (или) в других местах расположения машины. Дополнительные измерения проводят по 8.1.1—8.1.4.

Примечание — Если требуется большое число точек измерения, рекомендуется применять сканирование микрофона.

8.3 Определение среднего уровня звукового давления в камере

Уровни звукового давления в полосах частот для каждого места расположения машины во всех точках измерения или по траектории сканирования микрофона измеряют по 8.1.3.

Для каждого места расположения машины j средний по всем точкам измерения или по траектории сканирования микрофона уровень звукового давления в данной полосе частот $(\overline{L_p})_j$, дБ, рассчитывают по формуле

$$(\overline{L_p})_j = 10 \lg\left[\frac{1}{N_M}\sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1 L_{pi}}\right] - K_1, \quad (8)$$

где L_{pi} — эквивалентный уровень звукового давления в данной полосе частот в i-й точке измерения или на i-й траектории сканирования микрофона в j-м месте расположения машины, дБ;
K_1 — коррекция на фоновый шум в данной полосе частот, дБ;
N_M — число точек измерения или траекторий сканирования микрофона для каждого места расположения машины.

Если использовалось несколько мест расположения машины, то средний уровень звукового давления $\overline{L_p}$, дБ, рассчитывают по формуле

$$\overline{L_p} = 10\lg\left[\frac{1}{N_S}\sum_{j=1}^{N_S} 10^{0{,}1\left(\overline{L_p}\right)_j}\right], \qquad (9)$$

где N_S — число мест расположения машины.

8.4 Определение уровня звуковой мощности в полосе частот

Уровень звуковой мощности в *третьоктавных* полосах частот определяют одним из методов по 8.4.1 и 8.4.2.

8.4.1 Метод определения с учетом эквивалентной площади звукопоглощения в камере (прямой метод)

Уровень звуковой мощности L_W, дБ, в *третьоктавной* полосе частот рассчитывают по формуле

$$L_W = \overline{L_p} + \left\{10\lg\frac{A}{A_0} + 4{,}34\frac{A}{S} + 10\lg\left(1 + \frac{Sc}{8Vf}\right) - 25\lg\left[\frac{427}{400}\sqrt{\frac{273}{273+\theta}}\cdot\frac{B}{B_0}\right] - 6\right\}, \qquad (10)$$

где $\overline{L_p}$ — средний уровень звукового давления в камере по 8.3, дБ;

A — эквивалентная площадь звукопоглощения в камере, м^2;

A_0 — *опорное значение эквивалентной площади звукопоглощения* (A_0 = 1 м^2);

S — площадь поверхностей камеры, м^2;

V — объем камеры, м^3;

f — среднегеометрическая частота полосы измерения, Гц;

c — скорость звука, м/с, при температуре θ, определяемая по формуле

$$c = 20{,}05\sqrt{273+\theta};$$

θ — температура, °С;

B — атмосферное давление, Па;

B_0 — *опорное значение атмосферного давления* ($B_0 = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па).

Примечания

1 В формуле (10) член 4,34 A/S учитывает поглощение звука в воздухе камеры [13].

2 В формуле (10) член, содержащий температуру θ и давление B, рассчитывают для действительных метеорологических условий на месте измерений и используют для приведения результатов измерений к стандартным условиям, соответствующим характеристическому импедансу ρc = 400 Н · с/м^3 *(см. раздел 1)*.

Эквивалентную площадь звукопоглощения в камере A, м^2, рассчитывают для каждой полосы частот согласно [14] по формуле Сэбина

$$A = \frac{55{,}26}{c}\left(\frac{V}{T_{rev}}\right), \qquad (11)$$

где T_{rev} — время реверберации в данной полосе частот, с;

V — объем камеры, м^3.

Время реверберации определяют по [14], но измеряя время спада на первые 10 или 15 дБ и обозначая его T_{10} или T_{15} соответственно.

Для третьоктавных полос от 6300 до 10000 Гц число измерений то же, что и для третьоктавной полосы 5000 Гц.

8.4.2 Метод определения с использованием образцового источника шума с известным уровнем звуковой мощности (метод сравнения)

8.4.2.1 Установка образцового источника шума

Образцовый источник шума устанавливают на полу на расстоянии более 1,5 м от ограждающих поверхностей камеры и от испытуемой машины. Образцовый источник шума устанавливают в одном месте независимо от числа мест расположения испытуемой машины.

8.4.2.2 Определение среднего уровня звукового давления в камере

Средний уровень звукового давления в камере при работе образцового источника шума определяют по 8.3.

Если уровень звукового давления при работе образцового источника шума превышает уровень фонового шума более чем на 15 дБ во всех полосах диапазона частот измерений, то коррекция на фоновый шум не требуется.

8.4.2.3 Определение уровня звуковой мощности

Уровень звуковой мощности в третьоктавной полосе частот L_W, дБ, определяют по формуле

$$L_W = L_{W\,т} + \left(L_p - L_{p\,т}\right), \qquad (12)$$

где $L_{W\,т}$ — третьоктавный уровень звуковой мощности образцового источника шума, приведенный при калибровке к стандартным метеорологическим условиям, соответствующим характеристическому импедансу $\rho c = 400$ Н · с/м^3;

L_p — средний третьоктавный уровень звукового давления в камере при работе испытуемой машины, определенный по 8.1—8.3, дБ;

$L_{p\,т}$ — средний третьоктавный уровень звукового давления в камере при работе образцового источника шума, определенный по 8.3, дБ.

Примечание — Для получения нормализованных уровней звуковой мощности значения величин в формуле (12) должны быть приведены к стандартным метеорологическим условиям, соответствующим характеристическому импедансу ρc = 400 Н · с/м^3. Калибровочные уровни образцового источника шума не корректируют на метеорологические условия на месте испытаний.

8.5 Определение октавных и корректированных по *A* уровней звуковой мощности

Октавные и корректированные по *A* уровни звуковой мощности определяют при необходимости по приложению F.

9 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен соответствовать ГОСТ 23941 (раздел 7).

Уровни звуковой мощности приводят в виде таблицы с округлением до 0,5 (предпочтительнее до 0,1) дБ. Дополнительно может быть приведен график. Должны быть указаны характеристика частотного взвешивания и ширина полосы частот. Корректированный по *A* уровень звуковой мощности приводят с округлением до 0,5 дБ.

Приложение А
(обязательное)

Проверка пригодности камеры для измерения шума с дискретными частотными составляющими

А.1 Введение

Если шум содержит существенные дискретные частотные составляющие, возникают трудности при проведении измерений, так как пространственное изменение звукового поля и изменения взаимодействия машины как источника шума с модами звуковых колебаний в реверберационной камере в пространственной и частотной областях для дискретно-частотного шума много больше, чем для широкополосного шума.

В 8.1.5—8.1.7 настоящего стандарта указаны способы преодоления этих трудностей.

Альтернативным подходом является оптимизация конструкции реверберационной камеры, выбор места расположения испытуемой машины и положения точек измерения для достижения необходимой точности измерений в соответствии с разделом 4 настоящего стандарта для шума с любым спектром.

Поскольку невозможно количественно предсказать влияние на акустические характеристики различных конструктивных решений, используемых при оптимизации, в настоящем приложении описан экспериментальный метод оценки пригодности камеры, позволяющий определить совокупную эффективность всех мер по совершенствованию камеры как испытательной установки [15]—[22].

На низких частотах основная проблема заключается в малом количестве собственных мод колебаний в камере, которые могут быть возбуждены на данной частоте. Этот недостаток может быть устранен увеличением объема камеры, оптимизацией ее пропорций (см. D.3) и увеличением звукопоглощения для расширения частотной характеристики моды (модальной ширины) (см. D.4). Однако возможно, что критерии пригодности (см. таблицу А.1) на низких частотах могут быть соблюдены только применением большого вращающегося рассеивателя звука, описанного в приложении В.

На высоких частотах ограничительным фактором является число точек измерения. Можно использовать совокупность дискретных точек измерения при условии применения эффективного вращающегося рассеивателя звука, но часто необходимо непрерывное пространственное усреднение с использованием длинной траектории сканирования микрофона. Сканирование по окружностям обеспечивает бóльшую длину пути в заданном пространстве, чем по линейным траекториям, и оно легче может быть автоматизировано.

Таблица А.1 — Максимально допустимые среднеквадратичные отклонения выборки s_f

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Максимально допустимое среднеквадратичное отклонение, дБ
125	От 100 до 160	3,0
250	» 200 » 315	2,0
500	» 400 » 630	1,5
1000 и 2000	» 800 » 2500	1,0

А.2 Общие положения

Описываемый в настоящем приложении метод позволяет обеспечить в данной реверберационной камере неопределенность измерений шума с дискретными частотными составляющими, не выходящую за верхний предел при определенном месте или местах расположения испытуемой машины и данных положениях точек измерения или траектории микрофона.

Если среднеквадратичные отклонения не превышают значений, приведенных в таблице А.1, то испытательная установка [если понимают под этим камеру, место(а) расположения испытуемой машины, средства измерений, вращающийся рассеиватель звука (при его наличии), совокупность точек измерения или траекторию микрофона] удовлетворяет требованиям для измерений шума с дискретными частотными составляющими любой машины и не требуется никаких дополнительных оценок (как по 8.1.5).

Приведенный в настоящем приложении метод проверки пригодности с использованием сигнала чистого тона является наихудшим случаем с точки зрения достижения воспроизводимости измерений. Поэтому среднеквадратичные отклонения воспроизводимости, полученные в результате такой проверки, будут равны или более тех, что имеют место при испытании на шум любой реальной машины.

Примечание — Из-за сложности и трудоемкости метода проверку пригодности обычно выполняют специализированные организации при аттестации реверберационной камеры.

Разрешенные места установки испытуемой машины и положения точек измерения указывают в аттестате и/или, если возможно, отмечают в камере.

А.3 Средства измерений

В дополнение к указанным в разделе 6 настоящего стандарта средствам измерений и при положениях точек измерения или траектории микрофона согласно разделу 8 необходимы:

a) громкоговоритель диаметром 200 мм или менее, помещенный в герметичный корпус;

b) генератор сигналов или частотный синтезатор; генератор-частотомер или анализатор спектра; усилитель и вольтметр.

Возможно, потребуется испытать несколько моделей громкоговорителей, чтобы выбрать модель, имеющую достаточно гладкую частотную характеристику, удовлетворяющую требованиям к громкоговорителю по А.4.

Генератор сигналов или частотный синтезатор должен выдавать один или несколько синусоидальных сигналов с допусками по таблице А.2, иметь нестабильность частоты в пределах ± 0,1 Гц в диапазоне частот измерений и нелинейные искажения менее 0,1 %.

Частотомер или анализатор спектра должен иметь точность ± 0,05 Гц в диапазоне частот измерений.

Усилитель мощности, используемый для питания громкоговорителя, должен иметь выходной импеданс, согласованный с электрическим импедансом громкоговорителя, и иметь достаточный запас мощности (см. А.4).

Вольтметр для измерения напряжения на громкоговорителе должен иметь точность в пределах ± 1,0 % на всех частотах, указанных в таблице А.2.

А.4 Испытание громкоговорителя

Устанавливают громкоговоритель на пол в заглушенной камере со звукоотражающим полом раструбом вверх.

Устанавливают микрофон той же модели и того же изготовителя, что и применяемый при измерении шума в реверберационной камере, по оси громкоговорителя и на расстоянии 10—20 мм от его обреза, ориентировав его на громкоговоритель.

Используя средства измерений по разделу 6, измеряют уровни звукового давления на испытательных частотах, приведенных в таблице А.2, с округлением до 0,5 дБ.

Частотную характеристику громкоговорителя определяют в ближнем звуковом поле, основываясь на том, что связь между уровнем звукового давления в ближнем звуковом поле малого источника шума монопольного типа и его уровнем звуковой мощности слабо зависит от частоты из-за незначительной зависимости от частоты действительной части акустической проводимости такого источника.

Громкоговоритель пригоден, если уровни звукового давления на соседних частотах отличаются не более чем на 1 дБ.

Таблица А.2 — Испытательные частоты для оценки пригодности реверебрационной камеры для измерения шума с дискретным частотными составляющими

Параметры	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц														
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Испытательные частоты	—	—	147	—	—	—	361	—	—	—	—	—	1470	—	—
	—	113	148	—	226	—	364	—	—	—	—	1130	1480	—	2260
	—	114	149	—	228	—	367	445	564	712	—	1140	1490	—	2280
	90	115	150	180	230	285	370	450	570	720	900	1150	1500	1800	2300
	91	116	151	182	232	288	373	455	576	728	910	1160	1510	1820	2320
	92	117	152	184	234	291	376	460	582	736	920	1170	1520	1840	2340
	93	118	153	186	236	294	379	465	588	744	930	1180	1530	1860	2360
	94	119	154	188	238	297	382	470	594	752	940	1190	1540	1880	2380
	95	120	155	190	240	300	385	475	600	760	950	1200	1550	1900	2400
	96	121	156	192	242	303	388	480	606	768	960	1210	1560	1920	2420
	97	122	157	194	244	306	391	485	612	776	970	1220	1570	1940	2440
	98	123	158	196	246	309	394	490	618	784	980	1230	1580	1960	2460
	99	124	159	198	248	312	397	495	624	792	990	1240	1590	1980	2480
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	101	126	161	202	252	318	403	505	636	808	1010	1260	1610	2020	2520
	102	127	162	204	254	321	406	510	642	816	1020	1270	1620	2040	2540
	103	128	163	206	256	324	409	515	648	824	1030	1280	1630	2060	2560
	104	129	164	208	258	327	412	520	654	832	1040	1290	1640	2080	2580

Окончание таблицы А.2

Параметры	Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц														
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Испытательные частоты	105 106 107 108 109 110 111 — —	130 131 132 133 134 135 136 137 138	165 166 167 168 169 170 171 172 173	210 212 214 216 218 220 222 — —	260 262 264 266 268 270 272 274 276	330 333 336 339 342 345 348 — —	415 418 421 424 427 430 433 436 439	525 530 535 540 545 550 555 — —	660 666 672 678 684 690 696 702 —	840 848 856 864 872 880 888 — —	1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 — —	1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380	1650 1660 1670 1680 1690 1700 1710 1720 1730	2100 2120 2140 2160 2180 2200 2220 — —	2600 2620 2640 2660 2680 2700 2720 2740 2760
Приращение, Гц	1	1	1	2	2	3	3	4	5	8	10	10	10	20	20
Допустимое отклонение приращения, Гц	± 0,3	± 0,3	± 0,3	± 0,5	± 0,5	± 1	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 3	± 5	± 5	± 5	± 5
Число частот измерения N_f	22	26	27	22	26	22	27	23	24	23	22	26	27	22	26

А.5 Проверка камеры

Устанавливают громкоговоритель в месте (местах) расположения испытуемой машины излучающей стороной, обращенной от ближайшей поверхности (включая пол) внутрь камеры.

Устанавливают микрофон(ы) в тех же точках измерения или на той же траектории, что и при измерении шума испытуемой машины (см. 8.3).

Включают рассеиватель звука, если он используется.

Определяют средний по пространству и времени уровень звукового давления на испытательных частотах таблицы А.2. Входное напряжение громкоговорителя должно быть таким же, как и при его испытании по А.4.

Примечание — Средний уровень звукового давления может быть получен либо при сканировании микрофона по траектории (см. 8.3), либо расчетом по измеренным уровням по совокупности точек измерения.

Колебания частоты при измерениях не должны выходить за пределы ± 0,1 Гц в течение каждой серии измерений.

А.6 Метод расчета

Для исключения влияния ближнего звукового поля громкоговорителя вычитают из уровня звукового давления, измеренного по А.5, уровень звукового давления, измеренный по А.4, получая на каждой испытательной частоте корректированный уровень звукового давления L_{pi}.

По результатам измерений по совокупности испытательных частот для каждой третьоктавной полосы вычисляют среднеквадратичное отклонение s_f, дБ, по формуле

$$s_f = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_f} \left(L_{pi} - L_{pm}\right)^2 / \left(N_f - 1\right)}, \qquad (A.1)$$

где L_{pi} — средний по всем точкам измерения и, если необходимо, по всем положениям громкоговорителя, корректированный по характеристике громкоговорителя уровень звукового давления в камере на i-й испытательной частоте, дБ;

L_{pm} — среднеарифметическое значение, полученное по значениям L_{pi} по всем испытательным частотам N_f в данной третьоктавной полосе, дБ;

N_f — число испытательных частот в данной третьоктавной полосе.

А.7 Оценка пригодности

Для каждой третьоктавной полосы испытательная установка признается пригодной для определения уровня звуковой мощности машины, излучающей шум с существенными дискретными частотными составляющими, если среднеквадратичное отклонение не превышает значений, указанных в таблице А.1.

Испытания на частотах выше третьоктавной полосы 2500 Гц необязательны.

Если микрофон сканируют по траектории, то испытание следует проводить в диапазоне ниже наибольшей из частот

$$f_1 = 6000/l \text{ или } f_2 = 5000/V^{1/3},$$

где l — длина траектории сканирования микрофона, м;

V — объем камеры, м^3.

А.8 Случай нескольких мест расположения испытуемой машины

При намерении использовать несколько мест расположения машины оценку пригодности выполняют по их совокупности, последовательно устанавливая громкоговоритель в те же места, в которые предполагают устанавливать машину.

В этом случае для каждой частоты уровни звукового давления должны быть усреднены по всем местам расположения громкоговорителя и точкам измерения в соответствии с 8.3 настоящего стандарта перед вычислением среднеквадратичного отклонения по формуле (А.1).

Приложение В
(рекомендуемое)

Указания по проектированию вращающихся рассеивателей звука

Вращающиеся рассеиватели звука применяют по следующим причинам:

a) рассеиватель уменьшает пространственное изменение *уровня* звукового давления, что повышает точность оценки среднеквадратичного по пространству уровня звукового давления;

b) рассеиватель перераспределяет поток звуковой энергии по камере, что делает звуковую мощность менее зависимой от размеров камеры и места расположения машины в ней.

Эффективность вращающегося рассеивателя непосредственно зависит от его размеров. Поэтому рассеиватель должен быть настолько большим, насколько позволяют размеры камеры. Панели рассеивателей не должны быть легкими: рекомендуемая поверхностная плотность должна быть по меньшей мере 5 кг/м^2.

Скорость его вращения должна быть достаточно высокой, чтобы звуковые давления по камере могли быть усреднены по крайней мере за один оборот рассеивателя.

Проблемы, связанные с вращающимися с большой скоростью большими тяжелыми панелями, могут быть наилучшим способом преодолены использованием рассеивателя в виде диска, конуса или цилиндра, уравновешенного относительно оси вращения. Например, известен случай, когда двухконусный рассеиватель диаметром 5 м успешно работал при скорости вращения 2,6 рад/с.

Поверхности рассеивателя не должны быть параллельными ни одной из поверхностей камеры.

Примечание — Примеры использования вращающихся рассеивателей приведены в [23], [24].

Приложение С
(рекомендуемое)

Измерения в диапазоне частот ниже 100 Гц

С.1 Общие положения

Для измерений в диапазоне частот ниже 100 Гц применяют метод сравнения по 8.4.2. Образцовый источник шума не должен иметь дискретных тонов в этом диапазоне частот (некоторые образцовые источники шума аэродинамического типа излучают выраженные тоны на низких частотах, что приводит к плохой воспроизводимости при их использовании на этих частотах).

Измерения шума, представляющего чистые тоны, не проводят.

С.2 Дополнение к таблице 1 *настоящего стандарта*

Таблица С.1 — Верхние оценки среднеквадратичных отклонений воспроизводимости уровней звуковой мощности на частотах ниже 100 Гц

Ширина полосы	Среднегеометрическая частота, Гц	Верхняя граница среднеквадратичного отклонения воспроизводимости, дБ
Треть октавы	50	7,5
	63	7,5
	80	7,5

Для камер более 200 м^3 могут быть получены меньшие среднеквадратичные отклонения воспроизводимости.

С.3 Дополнение к таблице 2 *настоящего стандарта*

Предпочтителен объем *камеры* 600 м^3 и более, но допустим и 200 м^3. Чем больше объем *камеры,* тем выше точность определения уровней звуковой мощности на низкой частоте.

С.4 Дополнения к таблицам 4 и 5 *настоящего стандарта*

Используют те же значения, что и для частоты 125 Гц.

Приложение D
(рекомендуемое)

Указания по проектированию реверберационных камер

D.1 Общие положения

Для точного определения уровня звуковой мощности камера должна иметь:

a) соответствующий объем;

b) подходящую форму и/или звукорассеивающие элементы;

c) достаточно малое звукопоглощение в диапазоне частот измерений;

d) низкие уровни фонового шума.

D.2 Объем камеры

Объем камеры — по 5.2 *настоящего стандарта.*

Примечания

1 Камера объемом 200 м^3 может быть использована для измерений в диапазоне частот с нижней октавной полосой со среднегеометрической частотой 125 Гц, что соответствует нижней третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 100 Гц (см. таблицу 2 *настоящего стандарта*).

2 В больших камерах (объемом более 200 м^3) равномерность реверберационного звукового поля на частотах выше 3000 Гц нежелательно уменьшается из-за поглощения звука в воздухе.

D.3 Форма камеры

Если камера непрямоугольная, то ни одна из ее поверхностей не должна быть параллельной другой.

Если камера прямоугольная, то отношение любых двух размеров не должно быть равным или приближаться к целому числу. Обычно соблюдают соотношения $1 : 2^{1/3} : 4^{1/3}$.

Другие возможные соотношения размеров камер объемом около 200 м^3 приведены в таблице D.1.

Таблица D.1 — Рекомендуемые соотношения размеров для прямоугольных камер

l_y/l_x	l_z/l_x
0,83	0,47
0,83	0,65
0,79	0,63
0,68	0,42
0,70	0,59
Обозначения: l_x, l_y и l_z — размеры камеры *по осям x, y, z.*	

D.4 Звукопоглощение в камере

Коэффициент звукопоглощения поверхностей камеры должен быть достаточно низким, чтобы образовалось соответствующее реверберационное поле.

Коэффициент звукопоглощения должен быть достаточно большим, чтобы минимизировать влияние мод колебаний в камере на звуковую мощность ниже частоты f, Гц, определяемой по формуле

$$f = \frac{2000}{V^{1/3}},$$

где V — объем камеры, м^3.

Средний коэффициент звукопоглощения $\bar{\alpha}$ всех поверхностей камеры не должен превышать 0,16. Для частот свыше f средний коэффициент звукопоглощения не должен превышать 0,06.

Приложение Е
(обязательное)

Проверка пригодности камеры для измерения широкополосного шума

Е.1 Метод применяют для определения возможности измерения широкополосного шума с точностью, соответствующей таблице 1 *настоящего стандарта*, если объем камеры менее, чем требуется по 5.2, или звукопоглощение более, чем допускается по 5.3. Указанный метод позволяет оценить и ограничить максимальную неопределенность измерений, обусловленную зависимостью реверберационного звукового поля от места расположения испытуемой машины, а также процедурой пространственного усреднения [25]. Точность измерения широкополосного шума для каждой октавной или третьоктавной полосы выражают через среднеквадратичное отклонение результатов измерений.

Е.2 Средства измерений и точки измерения или траектория микрофона должны быть те же, что и при измерении шума испытуемой машины (см. раздел 6 и *пункт* 8.1.2 *настоящего стандарта*). Требования к образцовому источнику шума приведены в [26].

Е.3 Проводят шесть или более измерений уровней звукового давления в октавных или третьоктавных полосах для каждого из мест расположения образцового источника шума при следующих условиях:

a) образцовый источник шума располагают на полу камеры на расстоянии не ближе $\lambda/2$ от ограждающих поверхностей (где λ — длина волны, соответствующая среднегеометрической частоте низшей полосы *диапазона частот измерений*), и на расстоянии от точек измерения не меньшем, чем допускается в 8.1.2 *настоящего стандарта*. Расстояние между двумя любыми местами расположения образцового источника шума должно быть более чем $\lambda/4$. Ни одно место расположения образцового источника шума не должно находиться на средней линии камеры. Места расположения образцового источника шума должны быть в непосредственной близости от предполагаемых мест установки испытуемой машины;

b) уровни звукового давления в октавных или третьоктавных полосах частот должны быть измерены с округлением результатов до 0,5 дБ;

c) расположение точек измерения или траектория микрофона, рассеиватель звука (если применяется), средства измерений и продолжительность измерений должны быть такими же, как и при испытаниях машины на шум.

Е.4 Для каждой полосы частот рассчитывают среднеквадратичное отклонение уровня звукового давления s_S, дБ, по формуле

$$s_S = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_S} \left(L_{pi} - L_{pm}\right)^2 / \left(N_S - 1\right)}, \qquad \text{(E.1)}$$

где L_{pi} — уровень звукового давления в полосе частот, измеренный и усредненный во времени и по пространству в соответствии с 8.3 *настоящего стандарта,* дБ;

L_{pm} — среднеарифметическое уровней звукового давления в полосе частот, дБ;

N_S — число мест расположения *образцового* источника шума.

Е.5 Для каждой полосы частот камеру признают пригодной для измерения широкополосного шума, если среднеквадратичное отклонение не превышает значений, приведенных в таблице Е.1.

Таблица Е.1 — Максимально допустимое среднеквадратичное отклонение

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Максимально допустимое среднеквадратичное отклонение, дБ
125	От 100 до 160	1,5
250 и 500	» 200 » 630	1,0
1000 и 2000	» 800 » 2500	0,5
4000 и 8000	» 3150 » 2500	1,0

Приложение F
(обязательное)

Расчет уровней звуковой мощности в октавных полосах и корректированного по *A* уровня звуковой мощности по уровням звуковой мощности в третьоктавных полосах частот

F.1 Октавные уровни звуковой мощности в i-й полосе L_{Wi}, дБ, рассчитывают по формуле

$$L_{Wi} = 10 \lg \sum_{j=3i-2}^{3i} 10^{0,1 L_{Wj}}, \qquad \text{(F.1)}$$

где L_{Wj} — уровень звуковой мощности в j-й третьоктавной полосе, дБ.

Значения индексов i и j приведены в таблице F.1.

F.2 Корректированный по A уровень звуковой мощности L_{WA}, дБ, рассчитывают по формуле

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{j=j_{\min}}^{j_{\max}} 10^{0,1(L_{Wj}+C_j)}, \qquad \text{(F.2)}$$

где L_{Wj} — уровень звуковой мощности в j-й третьоктавной полосе, дБ;

C_j — *относительная частотная характеристика шумомера, дБ.*

Значения индекса j и *величины* C_j для третьоктавных полос приведены в таблице F.1; значения $j_{\min}$ и $j_{\max}$, соответствующие индексам самой низкой и самой высокой третьоктавных полос диапазона частот измерений, — по таблице F.1.

Корректированный по А уровень звуковой мощности рассчитывают двумя способами:

а) по результатам измерений во всех полосах диапазона частот измерений;

b) по результатам измерений, исключая полосы, в которых разность между уровнем звукового давления при работе машины и уровнем фонового шума $\Delta L < 10$ дБ.

Если разность результатов расчетов менее 0,5 дБА, то уровень, рассчитанный по всем полосам частот, соответствует степени точности 1. Если разность превышает 0,5 дБА, то уровень, рассчитанный по всем полосам частот, представляет верхнюю границу уровня звуковой мощности, что должно быть указано как в тексте протокола испытаний, так и в таблицах результатов и на графиках.

Таблица F.1 — Значения j и C_j для третьоктавных полос

i	j	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	C_j, дБ
1	1	50[1)]	—30,2
	2	**63**[1), 2)]	—26,2
	3	80[1)]	—22,5
2	4	100	—19,1
	5	**125**	—16,1
	6	160	—13,4

Окончание таблицы F.1

i	j	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	C_j, дБ
3	7	200	—10,9
	8	**250**	—8,6
	9	315	—6,6
4	10	400	—4,8
	11	**500**	—3,2
	12	630	—1,9
5	13	800	—0,8
	14	**1000**	0,0
	15	1250	0,6
6	16	1600	1,0
	17	**2000**	1,2
	18	2500	1,3
7	19	3150	1,2
	20	**4000**	1,0
	21	5000	0,5
8	22	6300	—0,1
	23	**8000**	—1,1
	24	10000	—2,5

[1] Данные в этой частотной полосе используются только при измерениях в соответствии с приложением С.
[2] Среднегеометрические частоты октавных полос выделены полужирным шрифтом.

Приложение G
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок

Таблица G.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта и условное обозначение степени его соответствия ссылочному межгосударственному стандарту
ГОСТ 12.1.003—83	ИСО 12001:1996 «Акустика. Шум, излучаемый машинами и оборудованием. Руководство по разработке и представлению стандартов по испытаниям на шум» (NEQ)
ГОСТ 17168—82	МЭК 61260:1995 «Электроакустика. Фильтры с полосой пропускания в октаву и долю октавы» (NEQ)
ГОСТ 17187—81	МЭК 61672-1:2001 «Электроакустика. Шумомеры. Часть 1: Требования» (NEQ)
ГОСТ 23941—2002	ИСО 12001:1996 «Акустика. Шум, излучаемый машинами и оборудованием. Руководство по разработке и представлению стандартов по испытаниям на шум» (NEQ)

Окончание таблицы G.1

Обозначение ссылочного межгосударственного стандарта	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта и условное обозначение степени его соответствия ссылочному межгосударственному стандарту
ГОСТ 27408—87	ИСО 7574-1:1985 «Акустика. Статистические методы определения и подтверждения установленных значений шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 1: Общие положения и определения» (NEQ) ИСО 7574-4:1985 «Акустика. Статистические методы определения и подтверждения установленных значений шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 4: Методы установления значений для партий машин» (NEQ)
ГОСТ 30691—2001 (ИСО 4871—96)	ИСО 4871:1996 «Акустика. Декларирование и подтверждение значений излучаемого шума машин и оборудования» (MOD)
ГОСТ 31252—2004 (ИСО 3740:2000)	ИСО 3740:2000 «Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума. Руководство по применению основополагающих стандартов» (MOD)

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:
- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Приложение Н
(справочное)

Отличия настоящего стандарта от примененного в нем международного стандарта ИСО 3741:1999

Н.1 Раздел 1 «Область применения» в ИСО 3741 имеет следующую редакцию:

«1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт устанавливает прямой метод и метод сравнения определения уровня звуковой мощности источника, работающего при стандартных метеорологических условиях, соответствующих характеристическому импедансу $\rho c = 400$ Н · с/м^3 (где ρ — плотность воздуха; c — скорость звука). Он устанавливает требования к испытательной камере, расположению источника и общие правила выбора режима работы, средств измерений и методики эксперимента для получения оценки среднеквадратичных уровней звукового давления, по которым рассчитывают октавные или третьоктавные уровни звуковой мощности с первой степенью точности. Измеряемыми величинами являются эквивалентные уровни звукового давления в полосах частот. Определяемыми величинами являются уровни звуковой мощности — корректированный по *A* и в полосах частот. Другими величинами, считающимися дополнительными, являются уровни звуковой мощности, рассчитанные при других частотных характеристиках по измерениям в полосах частот. Настоящий стандарт не предназначен для измерений направленности и временных изменений шума источника.

В общем случае диапазон частот измерений включает в себя третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами от 100 Гц до 10000 Гц. Руководство по применению установленных методов при частотах ниже указанного диапазона дано в приложении С. Настоящий международный стандарт не применяется при среднегеометрических частотах третьоктавных полос свыше 10000 Гц. На более высоких частотах рекомендуется применить метод по ИСО 9295.

1.2 Метод, установленный настоящим международным стандартом, пригоден для постоянного широкополосного, узкополосного шума и шума с дискретными частотами по классификации ИСО 12001. Шум может излучаться устройствами, машинами, составными частями или узловыми сборками.

Настоящий международный стандарт применим для источников шума объемом преимущественно не более 2 % объема реверберационной камеры, используемой для испытаний. Для источников объемом более 2 % объема камеры среднеквадратичные отклонения, указанные в таблице 1 (*в международном стандарте эта таблица имеет номер 2*), будут выше».

Отступление от аутентичного текста вызвано редакционными уточнениями и сокращениями сведений, повторяющихся в тексте стандарта, а также необходимостью введения ссылки на ГОСТ 30691.

Н.2 В разделе 3 «Термины и определения» ИСО 3741 содержатся следующие термины: «реверберационная камера», «реверберационное звуковое поле», «звуковое давление», «средний квадрат звукового давления», «уровень звукового давления», «эквивалентный уровень звукового давления», «продолжительность измерений», «звуковая мощность», «уровень звуковой мощности», «фоновый шум», «образцовый источник шума», «время реверберации», «диапазон частот измерений», «коэффициент звукопоглощения», «эквивалентная площадь звукопоглощения».

Указанные термины исключены из стандарта и заменены нормативной ссылкой на ГОСТ 31252. В ссылочном стандарте имеются все указанные термины, кроме «средний квадрат звукового давления», «образцовый источник шума», «диапазон частот измерений». Исключение этих терминов не создает затруднений в применении стандарта.

Н.3 Раздел 6 «Средства измерений» в ИСО 3741 имеет следующую редакцию:

«6 Средства измерений

6.1 Общие положения

Измерительная система, включая микрофон, должна соответствовать требованиям к приборам 1 класса по МЭК 61672. Фильтры должны быть 1 класса по МЭК 61620. Микрофоны должны быть калиброваны для диффузного поля по МЭК 61183.

6.2 Калибровка

Перед каждой серией измерений калибровка всей измерительной системы должна быть проверена с помощью калибратора 1 класса по МЭК 60942 на одной или нескольких частотах диапазона частот измерений.

Калибратор должен поверяться по меньшей мере ежегодно, а соответствие измерительной системы требованиям МЭК 61672 должно проверяться каждые два года в лабораториях, осуществляющих калибровки по соответствующим стандартам.

Дата последней поверки на соответствие требованиям МЭК должна быть указана».

Отступление от аутентичного текста вызвано тем, что правила и сроки поверки измерительных приборов в странах СНГ установлены в документах, не имеющих отношения к настоящему стандарту. Кроме того, в связи с применением сканирования микрофона введено дополнение об использовании интегрирующих шумомеров, так как ГОСТ 17187 неэквивалентен МЭК 61672 и в отличие от него не распространяется на интегрирующие шумомеры.

Н.4 Из раздела 7 «Установка и режим работы испытуемой машины» исключены положения ИСО 3741, повторяющие положения ссылочного стандарта и являющиеся общими для всех основополагающих стандартов по методам измерения шума машин.

Н.5 Из таблиц 4 и 5 исключены столбцы со среднегеометрическими частотами октавных полос, так как измерения по настоящему стандарту проводят только в третьоктавных полосах. Уровни звуковой мощности в октавных полосах рассчитывают по уровням звуковой мощности в третьоктавных полосах согласно приложению F.

Н.6 Разделы ИСО 3741 9 «Регистрируемая информация» и 10 «Протокол испытаний» объединены в раздел 9 «Протокол испытаний». Тексты разделов исключены и заменены нормативной ссылкой на ГОСТ 23941. В разделе 9 сохранены положения из ИСО 3741, характерные для протокола испытаний точным методом.

Н.7 В А.2 введено примечание, отражающее практику аттестации реверберационных камер, так как самостоятельная проверка камеры пользователем стандарта по приложению А не имеет юридической силы и зачастую невозможна ввиду ее сложности.

Н.8 Пункт F.2 дополнен текстом, перенесенным из 8.1.4, где он исключен, так как не имеет отношения к коррекции на фоновый шум.

Н.9 В связи с неэквивалентностью ссылочных стандартов в ИСО 3741 межгосударственным стандартам и необходимостью их использования в стандарте они перенесены в библиографию. Из библиографии исключены международные стандарты, на которые в ИСО 3741 сделаны ссылки во введении или в разделе 3 «Термины и определения». Библиография дана в порядке следования ссылок на нее в тексте стандарта.

Библиография

[1] ИСО 9295:1998 (ISO 9295:1988) — Акустика. Измерение высокочастотного шума, излучаемого компьютерами и офисным оборудованием (Acoustics — Measurement of high-frequency noise emitted by computer and business equipment)

[2] ИСО 7574-2:1985 (ISO 7574-2:1985) — Акустика. Статистические методы определения и подтверждения установленных значений шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 2: Методы для единичных машин (Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 2: Methods for stated values for individual machines)

[3] ИСО 7574-3:1985 (ISO 7574-3:1985) — Акустика. Статистические методы определения и подтверждения установленных значений шумовых характеристик машин и оборудования. Часть 3: Упрощенный метод для партии машин (Acoustics — Statistical methods for determining and verifying stated noise emission values of machinery and equipment — Part 3: Simple (transition) method for stated values for batches of machines)

[4] ИСО 9296:1988 (ISO 9296:1988) — Акустика. Заявление значений шумовых характеристик компьютеров и офисного оборудования (Acoustics — Declared noise emission values of computer and business equipment)

[5] МЭК 61672-1:2002 (IEC 61672-1:2002) — *Электроакустика. Шумомеры. Часть 1: Требования (Electroacoustics — Sound level meters — Part 1:Specifications)*

[6] МЭК 61260:1995 (IEC 61260:1995) — *Электроакустика. Фильтры с полосой пропускания в октаву и долю октавы (Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters)*

[7] МЭК 61183:1994 (IEC 61183:1994) — *Электроакустика. Случайное падение и калибровка шумомеров по диффузному полю (Electroacoustics — Random-incidence and diffuse-field calibration of sound level meters)*

[8] МЭК 60942:2003 (IEC 60942:2003) — *Калибраторы звука (Sound calibrators)*

[9] DAVY, J.L. The variance of pure tone reverberant sound power measurements. Fifth International Congress on Sound and Vibration, December 15—18, 1997, Adelaide, South Australia

[10] TOHYAMA, M. IMAI, A. and TACHIBANA, H. The relative variance of sound power measurements using reverberation rooms. Journal of Sound and Vibration, 128(1), 1989, pp. 57—69

[11] WEAVER, R.L. On the ensemble variance of reverberation room transmission functions, the effect of spectral rigidity. Journal of Sound and Vibration, 130 (3), 1989, pp. 487—491

[12] DAVY, J.L. The relative variance of the transmission function of a reverberaion room. Journal of Sound and Vibration, 77(4), 1981, pp. 455—479

[13] VORLANDER, M. Revised relation between the sound power and the average sound pressure level in rooms and the consequences for acoustic measurements. Acustica, 81, 1995, pp. 332—343

[14] ИСО 354:1985 (ISO 354:1985) — *Акустика. Измерение звукопоглощения в реверберационной камере (Acoustics — Measurement of sound absorption in a reverberation room)*

[15] BAADE, P. K. and G. C. MALING, Jr. Technical note on reverberation room qualification using multitone signals. Noise Control Engineering Journal, 1997

[16] CHU, W. T. Room response measurements in a reverberation chamber containing a rotating diffuser. Journal of the Acoustical Society of America, 77(3), pp. 1252—1256

[17] MALING, G. C., Jr. Determination of sound power in reverberant rooms. Noise Control Engineering Journal, 25(2), 1985, pp. 66—75

[18] BUDLUND, K. A normal mode analysis of the sound power injection in reverberation chambers at low frequencies and the effects of some response averaging methods. Journal of Sound and Vibration, 55(4), 1977, pp. 563—590

[19] BAADE, P. K. History of the qualification procedures of American National Standard S1.21—1972. Noise Control Engineering, 7(2), 1976, pp 48—51

[20] FRANCOIS, P. P., C. E. EBBING, and G. C. MALING, Jr. Results from an international sound power round robin concerning measurements in reverberation rooms. Proceedings of the Inter-noise '86 Conference, 1973, pp. 549—558

[21] EBBING, C. E., and G. C. MALING, Jr. Reverberation room qualification for determination of sound power of sources of discrete frequency sound. Journal of the Acoustical Society of America, 54(4), 1973, pp. 935—949

[22] MALING, G. Calculation of the acoustic power radiated by a monopole in a reverberation chamber. Journal of the Acoustical Society of America, 42(4), 1967, pp. 859—865

[23] TICHY, J. and P. K. BAADE. Effect of rotating diffusers and sampling technique on sound pressure averaging in reverberation rooms. Journal of the Acoustical Society of America, 56(1), 1974, pp. 137—144

[24] EBBING, C. E. Experimental evaluation of moving sound diffusers for reverberation rooms. Journal of Sound and Vibration, 16(1), 1971, pp. 99—118

[25] AGERKVIST, F. T. and JACOBSEN, F. Sound power determination in reverberation rooms at low frequency. Journal of Sound and Vibration, 166, 1993, pp. 179—190

[26] ИСО 6926:1999 *Акустика. Требования к характеристикам и калибровке образцового источника шума, применяемого для определения уровней звуковой мощности*

(ISO 6926:1999) *(Acoustics — Requirements for the performance and calibration of reference sound sources used for the determination of sound power levels)*

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 17.140.20 Т34

Ключевые слова: шум машин, уровень звуковой мощности, уровень звукового давления, реверберационное звуковое поле, образцовый источник шума, реверберационная камера, точный метод определения, прямой метод, метод сравнения

Редактор *Т.С. Шеко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Сдано в набор 06.07.2005. Подписано в печать 26.07.2005. Формат 60×84 $^{1}/_{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,62. Тираж 464 экз. Зак. 477. С 1557.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ»
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

ВВЕДЕНА-2004