ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 11904-2— 2017

Акустика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ К УХУ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА

Часть 2

Метод с использованием манекена

(ISO 11904-2:2004, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «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 17 октября 2017 г. № 1437-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 11904-2:2004 «Акустика. Определение излучения близко расположенных к уху источников звука. Часть 2. Способ с использованием манекена» (ISO 11904-2:2004 «Acoustics — Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear — Part 2: Technique using a manikin», IDT).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*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, 2004 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2017, 2019

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 1
4 Сущность метода измерений 2
5 Средства измерений 3
6 Определение корректированных по *A* эквивалентных сопряженных уровней звукового давления в свободном или диффузном поле 3
7 Протокол испытаний 5
Приложение А (справочное) Примеры источников неопределенности измерения 6
Приложение В (справочное) Пример анализа неопределенности 12
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 14
Библиография 15

Введение

Серия стандартов ИСО 11904 устанавливает методы определения характеристик излучения расположенных вблизи уха источников звука. В таких ситуациях уровень звукового давления, измеренный в месте нахождения испытуемого лица (но в его отсутствие), неадекватно представляет звуковое воздействие на испытуемого.

Для надлежащей оценки звукового воздействия выполняют измерения на ухе с последующим преобразованием результатов измерений в соответствующий уровень звука в свободном или диффузном поле. Результат представляют в виде эквивалентного корректированного по характеристике *A* сопряженного уровня звукового давления свободного $L_{FF,H,A_{eq}}$ или диффузного $L_{DF,H,A_{eq}}$ поля в случае применения ИСО 11904-1 и свободного $L_{FF,M,A_{eq}}$ или диффузного $L_{DF,M,A_{eq}}$ поля в случае применения ИСО 11904-2.

В ИСО 11904-1 установлен метод измерения с помощью миниатюрного микрофона или микрофона-зонда, вставляемых в уши испытуемого лица (microphone in real ear, MIRE technique — «микрофон внутри уха», метод MIRE). ИСО 11904-2 устанавливает метод измерений при помощи манекена, имитирующего голову и уши человека, в которые вставляют микрофоны (метод с использованием манекена).

ИСО 11904 может применяться при испытаниях оборудования и для определения шумового воздействия на рабочем месте от источников, расположенных в непосредственной близости от уха. Примерами объектов, на которые распространяется стандарт, являются наушники, используемые для воспроизведения музыки или речи на рабочем месте или во время досуга, строительные пистолеты, применяемые близко к голове, и совокупное воздействие внешнего звукового поля и других источников звука, расположенных близко к органам слуха.

При испытаниях оборудования (например, портативных плееров или противошумных наушников со встроенными средствами радиосвязи) должны использоваться специальные испытательные сигналы, пригодные для оборудования конкретного вида. В ИСО 11904 не устанавливаются требования ни к испытательным сигналам, ни к режиму работы такого оборудования, но это может быть установлено другими стандартами.

При измерениях, выполняемых на рабочем месте в реальных условиях, идентифицируют все источники шума, дающие вклад в измеряемое звуковое давление. Режимы работы машин и оборудования могут быть установлены в других стандартах.

Обе части ИСО 11904 имеют целью измерение среднего для всех людей уровня звука в слуховом канале относительно свободного или диффузного поля. ИСО 11904-1 достигает этой цели путем определения среднего значения по совокупности испытуемых, тогда как ИСО 11904-2 — при измерениях с помощью манекена, который предназначен для моделирования акустического воздействия на среднестатистического взрослого человека. Однако эти два метода имеют разную неопределенность измерения, которая может повлиять на выбор метода. Лишь метод измерений по ИСО 11904-1 дает результаты, учитывающие индивидуальные различия испытуемых. Информация о неопределенности измерения приведена в приложениях А и В.

При использовании метода MIRE для измерения уровня звука от наушников, вставляемых в ушную раковину или слуховой канал, на практике могут возникнуть проблемы с позиционированием микрофона в слуховом канале. При использовании манекена наушник должен быть соединен с ушной раковиной, входом в слуховой канал и с имитатором слухового канала способом, максимально точно моделирующим контакт наушника с ухом человека. В случае, когда наушник или другие объекты прижимают к ушной раковине, возможное отклонение жесткости или формы ушной раковины манекена от соответствующих параметров уха человека может оказать существенное влияние на результаты измерений и может даже сделать их недействительными.

Перечень различий обеих частей ИСО 11904 приведен в таблице 0.1.

Таблица 0.1 — Различия метода MIRE и метода с использованием манекена

Параметр	ИСО 11904-1	ИСО 11904-2
Метод	С использованием микрофона в ухе человека (метод MIRE)	С использованием манекена

Окончание таблицы 0.1

Параметр	ИСО 11904-1	ИСО 11904-2
Ограничения метода	С наушниками, вставляемыми в ушную раковину или слуховой канал, на практике могут возникнуть проблемы с позиционированием микрофона в слуховом канале.	Если ушная раковина манекена отличается от уха человека по форме или жесткости, то надлежащее соединение источника звука не всегда может быть обеспечено. В некоторых случаях испытуемый, находящийся в пределах опасной зоны, например на месте эксплуатации создающего шум оборудования, не может быть заменен манекеном.
Основные факторы, влияющие на точность метода	Число лиц, подвергающихся испытанию. При использовании табличных значений $\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$: - калибровка микрофона в слуховом канале; - точность позиционирования микрофона в слуховом канале. Когда $\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$ определяют индивидуально: - качество опорного звукового поля; - стабильность чувствительности и частотной характеристики микрофона, а также его позиционирование в слуховом канале	Адекватность параметров манекена параметрам человека. Калибровка манекена
Частотный диапазон	от 20 до 16 кГц	от 20 до 10 кГц

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Акустика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ К УХУ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА

Часть 2

Метод с использованием манекена

Acoustics. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear.
Part 2. Technique using a manikin

Дата введения — 2018—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерения параметров излучения близко расположенных к уху источников звука. Измерения выполняют с помощью манекена головы человека, оборудованного имитаторами органов слуха и микрофонами. Измеренные значения преобразуют в соответствующие уровни в свободном или в диффузном поле. Результаты приводят в виде корректированных по частотной характеристике *A* (далее — корректированных по *A*) эквивалентных сопряженных уровней звукового давления свободного или диффузного поля. Данный метод измерений называют «метод с использованием манекена».

Настоящий стандарт применяют для оценки воздействия звука близко расположенных к уху источников, например вставных наушников или противошумных наушников со встроенными средствами связи, используемых при испытаниях шумного оборудования или на рабочем месте.

Методы настоящего стандарта применимы в диапазоне частот от 20 до 10 кГц. Для частот выше 10 кГц применяют ИСО 11904-1.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных — последнее издание (включая все изменения к нему):

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

IEC 61260:1995, 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)

ITU-T P.58:1996, Head and torso simulator for telephonometry (Имитатор головы и туловища для применения в телефонометрии)

GUM:1993, Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML [Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML]

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Издание официальное

3.1 **уровень звукового давления манекена $L_{M,exp,f}$** (manikin sound pressure level): Эквивалентный уровень звукового давления в третьоктавной полосе частот со среднегеометрической частотой f, измеренный микрофоном имитатора уха манекена при воздействии на манекен звука испытуемого источника.

3.2 **частотная характеристика манекена в свободном поле $\Delta L_{FF,M,f}$** (free-field frequency response for use with manikins): Частотная характеристика уха среднестатистического человека в свободном поле, предназначенная для использования с манекеном с учетом поправки на разницу между передачей звука внутри слухового канала человека и внутри имитатора уха манекена.

Примечание 1 — При применении манекенов замену барабанной перепонки выходом слухового канала манекена учитывают в расчетных значениях $\Delta L_{FF,M,f}$.

Примечание 2 — Частотная характеристика манекена в свободном поле идентична амплитуде коэффициента передачи органа слуха человека (HRTF) при фронтальном падении звуковой волны.

Примечание 3 — Определение частотной характеристики уха человека в свободном поле приведено в ИСО 11904-1.

3.3 **частотная характеристика манекена в диффузном поле $\Delta L_{DF,M,f}$** (diffuse-field frequency response for use with manikins): Частотная характеристика уха среднестатистического человека в диффузном поле, предназначенная для использования с манекеном с учетом поправки на разницу между передачей звука внутри слухового канала человека и внутри имитатора уха манекена.

Примечание 1 — При применении манекенов замену барабанной перепонки выходом слухового канала манекена учитывают с помощью расчетных значений $\Delta L_{DF,M,f}$.

Примечание 2 — Определение частотной характеристики уха человека в диффузном поле приведено в ИСО 11904-1.

3.4 **сопряженный уровень звукового давления свободного поля $L_{FF,M}$, определенный с манекеном** (free-field related sound pressure level determined with a manikin): Уровень звукового давления в свободном поле, определенный методом настоящего стандарта.

Примечание 1 — Определение применимо как для отдельных частот, так и для полос частот, как для экспоненциально усредненных, так и для линейно усредненных уровней с заданным временем усреднения и т. п., например «корректированный по A эквивалентный сопряженный уровень звукового давления свободного поля» (сопряженный уровень $L_{M,Aeq}$ свободного поля сокращенно обозначают $L_{FF,M,Aeq}$).

Примечание 2 — Метод предназначен для определения среднего сопряженного уровня звукового давления свободного поля, который может быть получен при измерениях с большим числом испытуемых.

Примечание 3 — Определение сопряженного уровня звукового давления свободного поля при измерениях с испытуемыми приведено в ИСО 11904-1.

3.5 **сопряженный уровень звукового давления в диффузном поле $L_{DF,M}$, определенный с манекеном** (free-field related sound pressure level determined with a manikin): Уровень звукового давления в диффузном поле, определенный методом настоящего стандарта.

Примечание 1 — Определение применимо как для отдельных частот, так и для полос частот, как для экспоненциально усредненных, так и для линейно усредненных уровней с заданным временем усреднения и т. п., например «корректированный по А эквивалентный сопряженный уровень звукового давления диффузного поля» (сопряженный уровень $L_{M,Aeq}$ диффузного поля сокращенно обозначают $L_{DF,M,Aeq}$).

Примечание 2 — Метод предназначен для определения среднего сопряженного уровня звукового давления диффузного поля, который может быть получен при измерениях с большим числом испытуемых.

Примечание 3 — Определение сопряженного уровня звукового давления диффузного поля при измерениях с испытуемыми приведено в ИСО 11904-1.

4 Сущность метода измерений

Манекен (его голову и туловище) подвергают воздействию источника звука и для каждого имитатора уха определяют уровень звукового давления $L_{M,exp,f}$ в слуховом канале имитатора в третьоктавной полосе частот.

Для получения соответствующего сопряженного уровня звукового давления в третьоктавной полосе частот свободного или диффузного поля измеренный уровень в третьоктавной полосе частот корректируют, используя частотную характеристику манекена в свободном $\Delta L_{FF,M,f}$ или диффузном $\Delta L_{DF,M,f}$ поле. Полученные для третьоктавных полос уровни подвергают частотной коррекции по характеристи-

ке *A*, затем энергетически суммируют для получения эквивалентных сопряженных уровней звукового давления свободного $L_{FF,M,Aeq}$ и диффузного $L_{DF,M,Aeq}$ поля.

Измерения выполняют для одного или при необходимости для обоих имитаторов уха одновременно. Частотную характеристику манекена в свободном или диффузном поле берут из таблицы 1.

5 Средства измерений

5.1 Манекен (имитатор головы и туловища)

Манекен должен соответствовать требованиям ITU-T P.58:1996, раздел 4.3 (абзац 1), а также 5.1 и 6.1 для имитатора уха и акустических характеристик манекена соответственно.

Манекен должен периодически проверяться на соответствие требованиям ITU-T P.58:1996, 4.3 (абзац 1), 5.1, 6.1.

В тех случаях, когда источники звука (например, наушники или противошумные наушники со встроенными средствами связи) касаются ушной раковины, они должны быть соединены с ушной раковиной, входом в слуховой канал и имитатором слухового канала манекена способом, максимально точно моделирующим контакт наушника с ухом человека.

Примечание — В тех случаях, когда наушники, вкладыши или другие объекты прижимают к ушной раковине, отличия жесткости и формы искусственного уха от уха человека могут оказать существенное влияние на результаты измерений и даже сделать их недействительными.

5.2 Проверка калибровки

Для проверки калибровки измерительной системы вместе с имитатором внутреннего уха к последнему должен быть присоединен акустический калибратор (1-го класса точности по МЭК 60942:2003). Уровень звукового давления измеряют без какой-либо частотной коррекции.

Примечание — Измерение обычно проводят при помощи адаптера в расширении ушного канала. Следует иметь в виду, что адаптер изменяет номинальные значения уровня звукового давления акустического калибратора.

Частотная характеристика измерительной системы без имитатора внутреннего уха может быть измерена с помощью подачи на ее вход соответствующих электрических сигналов.

5.3 Фильтры

Сигналы должны анализироваться с помощью полосовых третьоктавных фильтров 1-го класса по МЭК 61260:1995.

6 Определение корректированных по *A* эквивалентных сопряженных уровней звукового давления в свободном или диффузном поле

6.1 Измерение уровня звукового давления манекена

При воздействии на манекен звука испытуемого источника измеряют эквивалентный уровень звукового давления имитатора уха в каждой третьоктавной полосе частот. Частотный диапазон измерений должен включать в себя все существенные для целей измерений частоты, и, кроме того, в каждой третьоктавной полосе частот отношение сигнала к шуму должно быть не менее 10 дБ. Если выполняют измерения с одним имитатором уха, это должно быть указано в протоколе испытаний.

Длительность измерений должна обеспечивать получение достоверных результатов звукового воздействия. Для третьоктавной полосы со среднегеометрической частотой *f* длительность измерения должна удовлетворять следующим условиям:

$$t \geq \frac{5000}{f} \text{ с (для } f \leq 2) \text{ кГц и}$$

$$t \geq 2{,}5 \text{ с (для } f > 2) \text{ кГц.}$$

Примечание 1 — Условия на длительность измерений приведено для постоянного широкополосного шума. Для шумов другого вида длительность измерений выбирают исходя из ограничений на величину неопределенности измерений.

Уровень звукового давления в третьоктавной полосе корректируют на частотную характеристику микрофона, вставленного в имитатор уха.

Примечание 2 — Частотная характеристика микрофона может быть получена из данных о калибровке, предоставляемых его изготовителем.

Результат, т.е. третьоктавный уровень звукового давления в слуховом канале манекена при воздействии звука испытуемого источника, обозначают $L_{M,exp,f}$.

Если испытуемый источник звука излучает напрямую в ушные раковины, необходимость использования торса манекена отсутствует.

6.2 Оценка сопряженного уровня звукового давления свободного или диффузного поля

Для определения третьоктавных уровней звукового давления в свободном $L_{FF,M,f}$ или диффузном $L_{DF,M,f}$ поле следует уменьшить уровень звукового давления манекена $L_{ear,M,f}$ на частотные характеристики манекена в свободном или диффузном поле $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$:

$$L_{FF,M,f} = L_{ear,M,f} - \Delta L_{FF,M,f}, \quad (1)$$

$$L_{DF,M,f} = L_{ear,M,f} - \Delta L_{DF,M,f}, \quad (2)$$

где $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$ должны быть взяты из таблицы 1.

Таблица 1 — Частотная характеристика манекена в свободном и диффузном поле

Средняя частота в третьоктавной полосе частот, Гц	Частотная характеристика в свободном поле $\Delta L_{FF,M,f}$, дБ	Частотная характеристика в диффузном поле $\Delta L_{DF,M,f}$, дБ
≤ 100	0	0
125	0,4	0,3
160	0,8	0,6
200	1,2	0,9
250	1,5	1,2
315	1,5	1,4
400	1,7	1,8
500	2,1	2,3
630	2,5	3,2
800	2,2	4
1000	1,7	4,6
1250	3,8	6
1600	8,4	8,1
2000	12,9	11,4
2500	15,6	15
3150	15,6	14,2
4000	14,2	11,9
5000	10,6	9,8
6300	4	8,5
8000	2	11

Окончание таблицы 1

Средняя частота в третьоктавной полосе частот, Гц	Частотная характеристика в свободном поле $\Delta L_{FF,M,f}$, дБ	Частотная характеристика в диффузном поле $\Delta L_{DF,M,f}$, дБ
10000	минус 0,3	7,1

Примечание 1 — Данные взяты из [8].

Примечание 2 — Данные для испытуемых с закрытым слуховым каналом из [9] преобразованы в данные для «барабанной перепонки манекена» с помощью коэффициента передачи имитаторов уха в соответствии с МЭК 60711 [8]. Систематическая погрешность получена путем сравнения воздействия источника шума, расположенного близко к уху манекена, с результатами измерений на испытуемых по методу MIRE. Следует отметить, что приведенные в таблице частотные характеристики отличаются от тех, что представлены в ITU-T P.58 или МЭК 60959.

6.3 Коррекция по частотной характеристике *A*

Корректированный по *A* эквивалентный сопряженный уровень звукового давления свободного или диффузного поля рассчитывают с использованием значений A_f частотной характеристики *A* в третьоктавных полосах частот, приведенных в МЭК 61672-1, по следующим формулам:

$$L_{FF,M,Aeq} = 10\lg\left[\sum_f 10^{(L_{FF,M,f}+A_f)/10}\right], \quad (3)$$

$$L_{DF,M,Aeq} = 10\lg\left[\sum_f 10^{(L_{DF,M,f}+A_f)/10}\right]. \quad (4)$$

7 Протокол испытаний

В протоколе испытаний должна быть как минимум следующая информация:

a) дата и место измерений, ссылка на настоящий стандарт и его разделы, примененные при измерениях, наименование организации, в которой проведены измерения, и ответственное лицо за результаты измерений;

b) информация об испытуемом источнике, излучаемом им звуке, режиме его работы, диапазоне частот излучения и т.п.;

c) описание места измерения, его акустические свойства;

d) описание средств измерений, включая информацию о продолжительности измерений, а также дату и место калибровки;

e) описание используемого манекена и использованного при измерениях имитатора уха (левый, правый или оба);

f) для каждого имитатора $L_{M,exp,f}$, $\Delta L_{FF,M,f}$, $\Delta L_{DF,M,f}$, $L_{FF,M,Aeq}$, $L_{DF,M,Aeq}$, данные могут быть представлены графически;

g) оценка неопределенности измерения в соответствии с GUM (примеры приведены в приложении B).

Другая важная информация, которая может повлиять на результат измерения.

Приложение А
(справочное)

Примеры источников неопределенности измерения

А.1 Общие положения

Настоящее приложение идентично в обеих частях ИСО 11904. Неопределенность конечного результата зависит от того, выбран ли метод MIRE (ИСО 11904-1) или способ с использованием манекена (ИСО 11904-2).

Для метода MIRE ключевым вопросом является репрезентативность ограниченной выборки испытуемых всему населению и способ получения частотных характеристик уха в свободном или диффузном поле (взяты из таблицы 1 или определены индивидуально). Для метода с использованием манекена важна адекватность манекена параметрам среднестатистического человека.

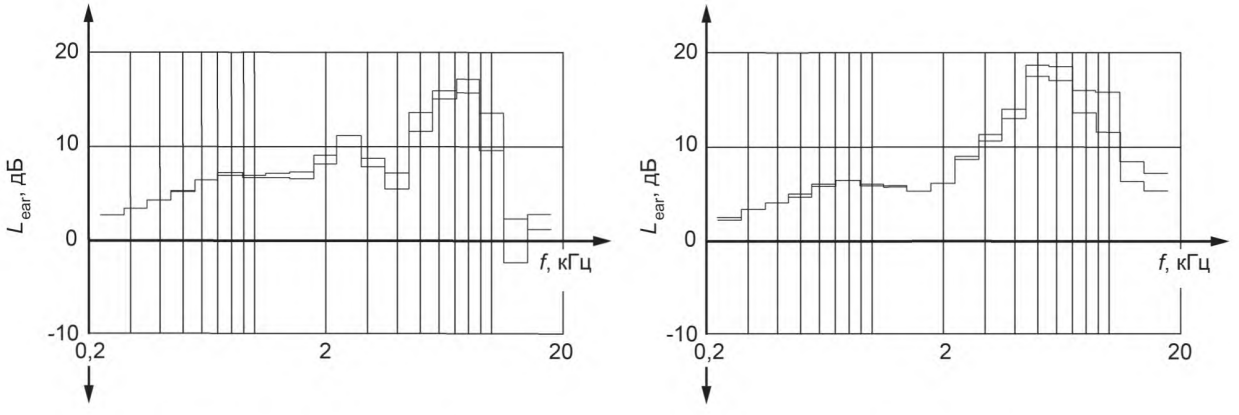
В таблице А.1 приведены некоторые типичные источники неопределенности и их влияние на конечный результат при использовании обеих частей ИСО 11904. Типичные изменения уровней звукового давления, обусловленные представленными источниками неопределенности, приведены в А.2 — А.4. Данная информация может быть полезна для оценки неопределенности измерения и необходимого числа испытуемых для достижения желаемого уровня неопределенности при измерениях по методу MIRE.

Каждая из частей ИСО 11904 содержит отдельное приложение с примером расчета неопределенностей для соответствующего метода.

Формулы и данные в приложениях заимствованы из [19].

А.2 Изменение положения микрофона в слуховом канале

Рисунок А.1 иллюстрирует примеры изменения уровня звукового давления вследствие смещения положения микрофона в слуховом канале.



a) открытый слуховой канал

b) закрытый слуховой канал

Рисунок А.1 — Пример изменения уровня звукового давления, вызванный смещением точки измерения на 3 мм в открытом и закрытом слуховом канале

Таблица А.1 — Типичные источники неопределенности измерения и их влияние в различных ситуациях

Источник неопределенности измерения	ИСО 11904-1, метод MIRE		ИСО 11904-2, метод с использованием манекена
	$\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$, выбранный из таблицы	$\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$, определенный индивидуально	$\Delta L_{FF,M}$ или $\Delta L_{DF,M}$, выбранный из таблицы
Неточная калибровка микрофона опорного поля или неточные данные, используемые для частотной характеристики	–	+	–

Окончание таблицы А.1

Источник неопределенности измерения	ИСО 11904-1, метод MIRE		ИСО 11904-2, метод с использованием манекена
	$\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$, выбранный из таблицы	$\Delta L_{FF,H}$ или $\Delta L_{DF,H}$, определенный индивидуально	$\Delta L_{FF,M}$ или $\Delta L_{DF,M}$, выбранный из таблицы
Неточная калибровка микрофона слухового канала или микрофона манекена или неточные данные для частотной характеристики	+	o	+
Нестабильность чувствительности или частотной характеристики (между измерениями) микрофона слухового канала или микрофона манекена	–	+	–
Неточное позиционирование микрофона в слуховом канале	+ (см. А.2, приложение А)	o	–
Отклонение опорного звукового поля от требуемого	–	+	–
Неадекватность манекена человеку	–	–	+ (см. А.4, приложение А)
Ограниченность объема выборки испытуемых	+ (см. А.3.2, приложение А)	+ (см. А.3.3, приложение А)	–
Нестабильность испытуемого источника звука	+	+	+

+ — прямое влияние на конечный результат;
o — отсутствие влияния;
– — неприменимость данного пункта.

А.3 Ограниченность объема выборки испытуемых

А.3.1 Общие положения

Ограниченность числа испытуемых вносит статистическую неопределенность. Она может быть представлена двумя составляющими:

- случайные изменения $L_{ear,exp,f}$ и
- случайные изменения $\Delta L_{FF,H,f}$ или $\Delta L_{DF,H,f}$.

Изменчивость табличных данных для $\Delta L_{FF,H,f}$ или $\Delta L_{DF,H,f}$ предполагается малой, и ей пренебрегают (см. А.3.2). Однако это не означает, что использование табличных данных обеспечит наименьшую неопределенность в окончательном результате, поскольку взаимосвязь между двумя указанными выше составляющими может внести дополнительный вклад в неопределенность измерений (см. пункт А.3.3).

А.3.2 Использование табличных данных для частотных характеристик в свободном или диффузном поле

Стандартное отклонение среднего сопряженного уровня звукового давления свободного поля $\sigma(\overline{L_{FF,H,f}})$ или стандартное отклонение среднего сопряженного уровня звукового давления диффузного поля $\sigma(\overline{L_{DF,H,f}})$ может быть рассчитано, исходя из:

- стандартного отклонения (по испытуемым) уровня звукового давления в слуховом канале $\sigma(L_{ear,exp,f})$ и
- числа испытуемых n по формуле

$$\sigma(\overline{L_{FF,H,f}}) \approx \sigma(\overline{L_{DF,H,f}}) \approx \sqrt{\frac{\sigma^2(L_{ear,exp,f})}{n}}. \quad (A.1)$$

Типовые значения $\sigma(L_{ear,exp,f})$ для точки измерений на барабанной перепонке в открытом и закрытом канале показаны на рисунке А.2.

Для восьми испытуемых в диапазоне частот вплоть до 5 кГц расчетные значения стандартных отклонений $\sigma(\overline{L_{FF,H,f}})$ и $\sigma(\overline{L_{DF,H,f}})$ в приведенном примере не превышают 1 дБ на барабанной перепонке, составляют менее 1,4 дБ на открытом входе и не превышают 0,7 дБ на закрытом входе.

А.3.3 Индивидуально определенные частотные характеристики уха в свободном или диффузном поле

Стандартное отклонение среднего сопряженного уровня звукового давления свободного поля $\sigma(\overline{L_{FF,H,f}})$ или стандартное отклонение среднего сопряженного уровня звукового давления диффузного поля $\sigma(\overline{L_{DF,H,f}})$ могут быть рассчитаны, исходя из:

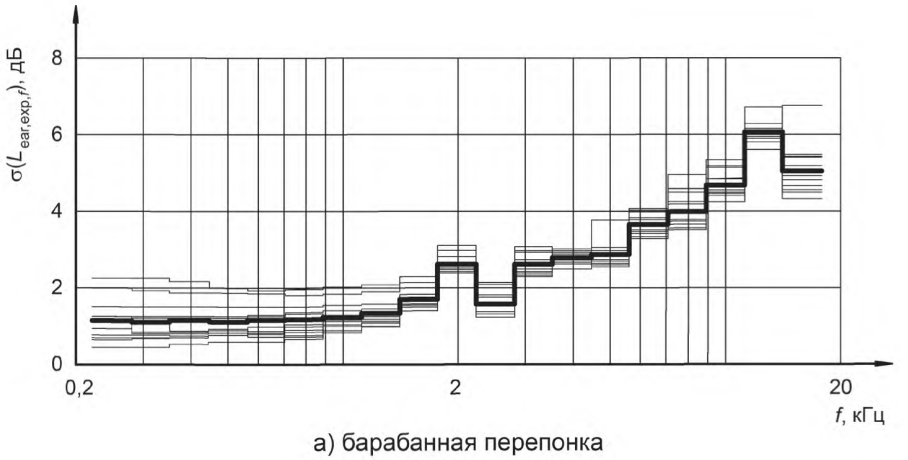
- стандартного отклонения (по испытуемым) сопряженных уровней звукового давления свободного поля $\sigma(L_{FF,H,f})$ и стандартного отклонения (по испытуемым) сопряженных уровней звукового давления диффузного поля $\sigma(L_{DF,H,f})$ и
- числа испытуемых n по формулам

$$\sigma(\overline{L_{FF,H,f}}) = \sqrt{\frac{\sigma^2(L_{FF,H,f})}{n}}, \quad (A.2)$$

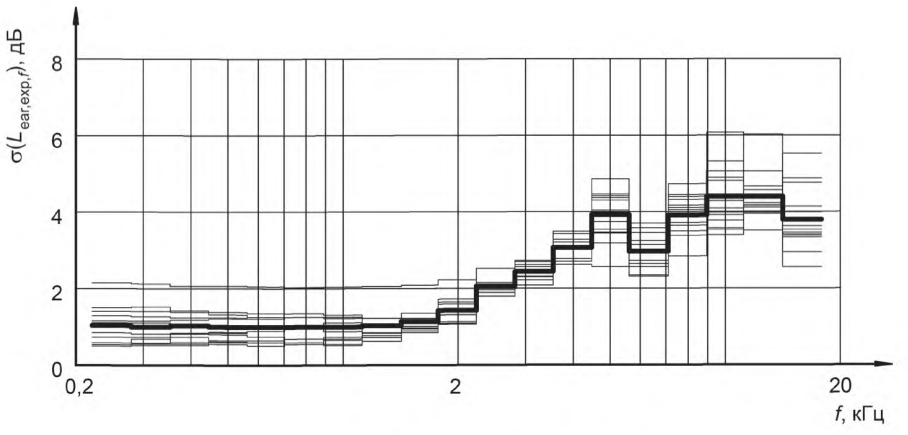
$$\sigma(\overline{L_{DF,H,f}}) = \sqrt{\frac{\sigma^2(L_{DF,H,f})}{n}}. \quad (A.3)$$

Примеры зависимостей $\sigma(L_{FF,H,f})$ и $\sigma(L_{DF,H,f})$ от частоты приведены на рисунке А.3.

Для восьми испытуемых в диапазоне частот вплоть до 5 кГц в приведенном примере расчетные значения $\sigma(\overline{L_{FF,H,f}})$ не превышают 0,7 дБ и значения $\sigma(\overline{L_{DF,H,f}})$ ниже 0,6 дБ.

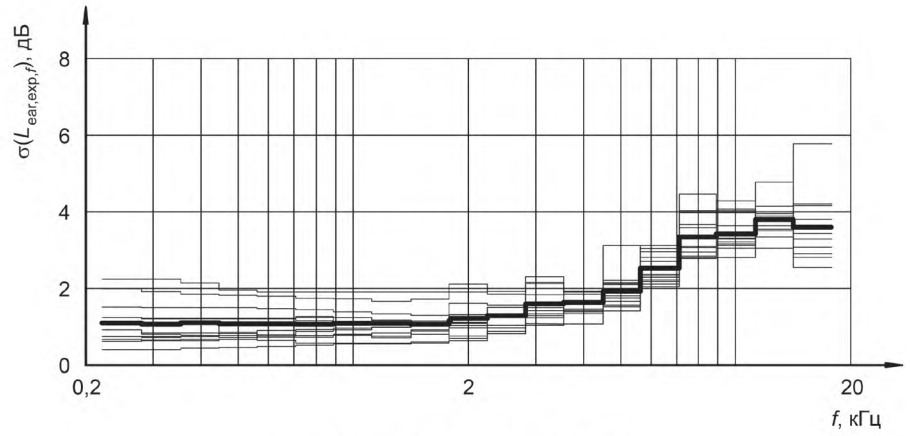


a) барабанная перепонка



b) открытый слуховой канал

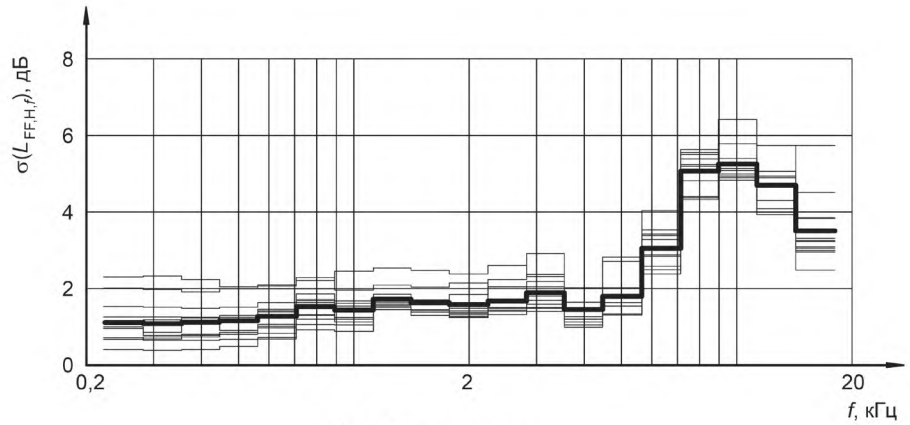
Рисунок А.2 — Примеры зависимости $\sigma(L_{ear,exp,f})$ от частоты для трех точек измерения. (Лист 1)



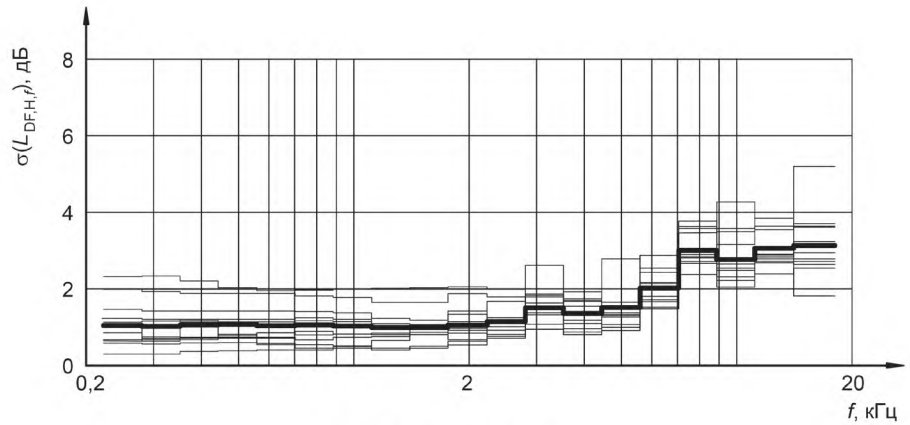
c) закрытый слуховой канал

Примечание — Тонкой линией отображены данные для 14 наушников, утолщенной линией — их среднее значение.

Рисунок А.2 — (Лист 2)



a) свободное поле



b) диффузное поле

Примечание — Данные для 14 наушников (тонкие линии) и их среднее значение (утолщенная линия).

Рисунок А.3 — Примеры зависимостей $\sigma(L_{FF,H,f})$ и $\sigma(L_{DF,H,f})$ от частоты при использовании индивидуальных значений для $\Delta L_{FF,H,f}$ и $\Delta L_{DF,H,f}$

А.4 Различие между манекеном и человеком

Возможные различия между человеком и манекеном дают вклад в неопределенность результата. Он может быть представлен двумя составляющими:

- изменениями $L_{M,exp,f}$ и
- изменениями $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$.

Предполагая, что табличные данные $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$ определены с необходимой точностью, вторую составляющую не учитывают.

На рисунке А.4 показаны отклонения результатов испытаний, полученных обоими методами (MIRE и с использованием манекена) для большой группы испытуемых.

Для частот вплоть до 5 кГц типичное отклонение $L_{FF,f}$ не превышает 2,5 дБ и составляет не более 2 дБ для $L_{DF,f}$. Тем не менее, некоторые комбинации наушников и манекенов могут давать большие отклонения, в частности для определенных третьоктавных полос частот.

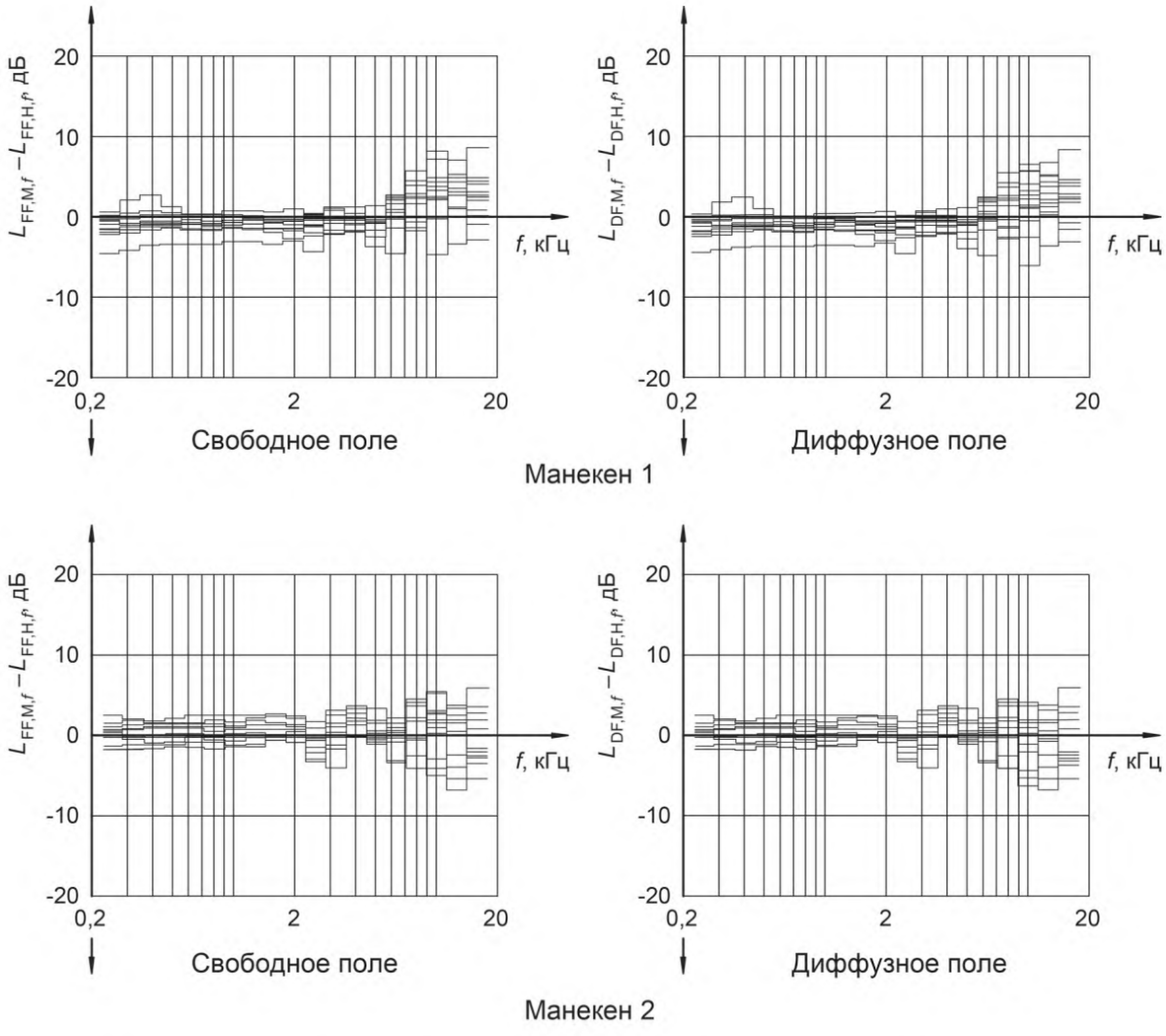
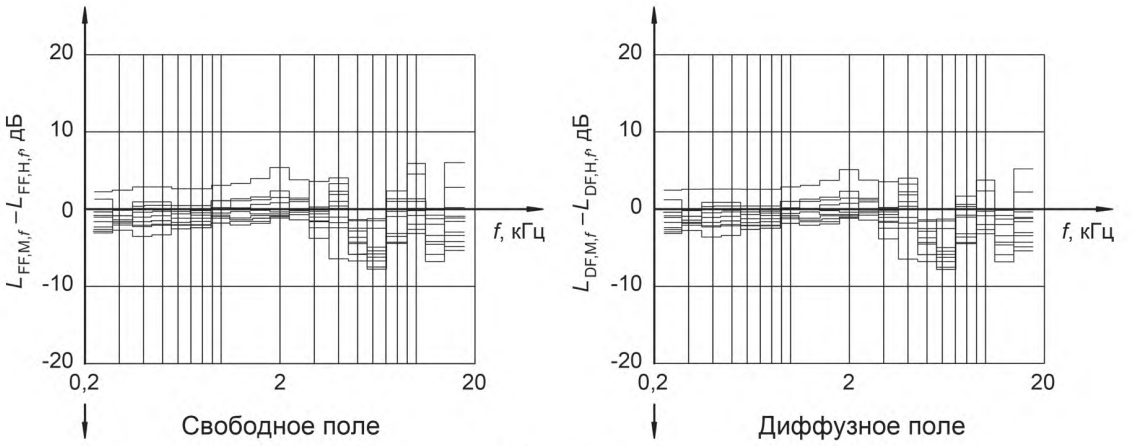


Рисунок А.4 — Примеры отклонений величин $L_{FF,f}$ или $L_{DF,f}$ в зависимости от частоты, измеренных обоими методами (MIRE и с использованием манекена) для большой группы испытуемых (данные для трех манекенов) (Лист 1)



Манекен 3

Примечание — Для метода с применением манекена используются табличные данные для величин $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$.

Рисунок А.4 — (Лист 2)

Приложение В
(справочное)

Пример анализа неопределенности

В настоящем приложении приведен пример оценки неопределенности при определении $L_{FF,M,Aeq}$ или $L_{DF,M,Aeq}$ в некотором гипотетическом эксперименте для случая накладных наушников, применяемых с манекеном. При этом предполагается, что могут быть учтены не все возможные источники неопределенности, и значения стандартной неопределенности в реальной ситуации могут быть иные. Анализ выполнен в соответствии с GUM.

Оценка неопределенности выполнена для измерений, удовлетворяющих следующим условиям:

- для испытуемых наушников характеристики манекена соответствуют требованиям [7];
- в качестве тестового сигнала на входе наушников применяется розовый шум или шум, имитирующий речь или музыку в соответствии с МЭК 60268-1;
- частотные характеристики манекена в свободном или диффузном поле соответствуют ITU-T P.58;
- результат определяют как среднее трех измеренных значений.

Анализ неопределенности выполнен для конечного результата $L_{FF,M,Aeq}$ или $L_{DF,M,Aeq}$. Величины $L_{FF,M,Aeq}$ или $L_{DF,M,Aeq}$ как функции влияющих параметров аппроксимируются линейной моделью.

В таблице В.1 для данного примера приведены показатели, характерные для компетентной лаборатории в указанных выше условиях. Если на практике условия эксперимента меняются (например, другие тестовые сигналы, наушники другого типа), расчет повторяют. Расширенную неопределенность рассчитывают умножением стандартной неопределенности на коэффициент охвата $k = 2$, обеспечивая тем самым вероятность охвата 95%.

Выделяют семь различных источников неопределенности. Те, что обусловлены условиями повторяемости, оцениваются по типу А, остальные — по типу В.

Таблица В.1 — Анализ неопределенности измерения

Составляющая неопределенности	Стандартная неопределенность, дБ
Неопределенность, связанная с чувствительностью микрофона и шумомера	
Неопределенность L_{Aeq}, связанная с калибровкой микрофона манекена и с применением прецизионного шумомера, предполагается равной ± 0,2 дБ. Половина этого интервала равна 0,2 дБ, что при равномерном распределении эквивалентно стандартной неопределенности $0,2/3^{0,5} = 12$ дБ	0,12
Изменчивость параметров манекена	
Неопределенность L_{Aeq}, связанная с отличием параметров манекена от соответствующих параметров человека (например, по форме, эластичности, по размеру), и отклонение $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$ манекена от стандартной частотной характеристики (см. ITU-T P.58) не превышает ± 1,1 дБ. Половина этого интервала равна 1,1 дБ, что при равномерном распределении эквивалентно стандартной неопределенности $1,1/3^{0,5} = 0,64$ дБ	0,64
Отличие стандартизованной частотной характеристики манекена от характеристики человека	
Отклонение стандартизованной частотной характеристики манекена $\Delta L_{FF,M,f}$ или $\Delta L_{DF,M,f}$ от соответствующей характеристики человека при равномерном распределении приводит к неопределенности L_{Aeq}, равной ± 1 дБ, таким образом, стандартная неопределенность $1 / \sqrt{3} = 0,58$ дБ	0,58
Уровень тестового сигнала	
Неопределенность L_{Aeq}, обусловленная отклонением тестового сигнала от требуемого, составляет ± 0,12 дБ	0,12
Отклонение условий окружающей среды	
Лабораторные измерения обычно проводят при нормальных условиях, т.е. при температуре (21 ± 2) °С, относительной влажности (50 ± 15) %. Неопределенность L_{Aeq}, связанная отклонением условий окружающей среды от нормальных, составляет ± 0,4 дБ, поэтому стандартная неопределенность для прямоугольного распределения составляет $0,4 / \sqrt{3} = 0,23$ дБ	0,23

Окончание таблицы В.1

Составляющая неопределенности	Стандартная неопределенность, дБ
Повторяемость	
Стандартная неопределенность L_{Aeq} для повторяющихся измерений равна 0,5 дБ	0,50
Ошибка округления	
Результат записывают с точностью оного знака после запятой, что дает прямоугольное распределение с полуинтервалом 0,05 дБ, т.е. стандартная неопределенность 0,05 / $\sqrt{3}$ = 0,03 дБ	0,03
Комбинированная и расширенная неопределенность. Комбинированная неопределенность, полученная по правилу сложения составляющих, приведенных выше, дает величину 1,08 дБ. Расширенная неопределенность — вдвое выше: 2,2 дБ.	

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC 60942:2003	IDT	ГОСТ Р МЭК 60942—2009 «Калибраторы акустические. Технические требования и требования к испытаниям»
IEC 61260:1995[1)]	MOD	ГОСТ Р 8.714—2010 (МЭК 61260:1995) «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Фильтры полосовые октавные и на доли октавы. Технические требования и методы испытаний»
IEC 61672-1	—	*, [2)]
ITU-T P.58:1996	—	*
GUM:1993	IDT	ГОСТ Р 54500.3—2011 (Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008) «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»

* 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;
- MOD — модифицированные стандарты.

[1)] На момент опубликования настоящего стандарта последняя редакция международного стандарта МЭК 61260:1995 заменена серией стандартов из трех частей МЭК 61260-1:2014, МЭК 61260-2:2016, МЭК 61260-3:2016.

[2)] Действует ГОСТ 17187—2010 «Шумомеры. Часть 1. Технические требования», модифицированный по отношению к МЭК 61672-1:2002, который заменен на МЭК 61672-1:2013.

Библиография

[1] ISO 11904-1 Acoustics — Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear — Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)

[2] IEC 60268-1 Sound system equipment — Part 1: General

[3] IEC 60268-7:1996 Sound system equipment — Part 7: Headphones and earphones

[4] IEC 60711 Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by ear inserts

[5] IEC 60959 Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids

[6] EN 50332-1 Sound system equipment: Headphones and earphones associated with portable audio equipment — Maximum sound pressure level measurement methodology and limit considerations — Part 1: General method for "one package equipment"

[7] RICHTER, U. and FEDTKE, T. Determination of noise immission from headphones and earphones by means of different Head and Torso Simulators. 6th ICSV, Copenhagen, 1999, pp. 1019—1026

[8] HAMMERSHOI, D., MOLLER, H. Determination of noise immission from sound sources close to the ears. In preparation

[9] MOLLER, H., SORENSEN, M. F., HAMMERSHOI, D. AND JENSEN, C. B. Head-related transfer functions measured on human subjects. J. Audio Eng. Soc., 43, No. 5, 1995, pp. 300—321

УДК 534.322.3.08:006.354 ОКС 17.140.01 Т34 IDT

Ключевые слова: частотная характеристика манекена, слуховой канал, сопряженный уровень звукового давления свободного поля

Редактор *Е.В. Лукьянова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.А. Ворониной*

Сдано в набор 20.03.2019. Подписано в печать 03.04.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,23.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 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