ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 389-7— 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

Акустика

ОПОРНЫЙ НУЛЬ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ АУДИОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 7

ОПОРНЫЙ ПОРОГ СЛЫШИМОСТИ ПРИ ПРОСЛУШИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОГО И ДИФФУЗНОГО ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ

ISO 389-7:2005
Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 7. Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2012

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык 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 1 декабря 2011 г. № 671-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 389-7:2005 «Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 7. Опорный порог слышимости при прослушивании в условиях свободного и диффузного звуковых полей» (ISO 389-7:2005 «Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (пункт 3.5).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2012

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

Введение

В некоторых аудиологических приложениях тестовые сигналы от громкоговорителей формируются в условиях свободного или диффузного звуковых полей. Настоящий стандарт устанавливает опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры, применяемой в аудиометрии в звуковом поле. Соответствующие методы аудиометрических испытаний установлены в ИСО 8253-1 и ИСО 8253-2.

В общем случае в силу различных субъективных обстоятельств порог слышимости различных людей слегка отличается. Однако для группы близких по возрасту людей с нормальным слухом может быть определена основная закономерность, характеризующая группу. Настоящий стандарт устанавливает пороговые уровни слышимости, применимые для людей с нормальным слухом в возрасте от 18 до 25 лет.

Уровни, устанавливаемые настоящим стандартом, действительны при условиях:

a) бинаурального прослушивания чистых тонов в условиях бегущих плоских звуковых волн, излучаемых источником, расположенным прямо перед испытуемым (фронтальное падение звука), а также при измерении уровня звукового давления бегущей звуковой волны в центральной точке расположения головы испытуемого при его отсутствии;

b) бинаурального прослушивания 1/3-октавных полос (белого или розового) шума в условиях диффузного звукового поля при измерении уровня звукового давления в центральной точке расположения головы испытуемого при его отсутствии.

Для частот вплоть до 8 кГц каждый набор устанавливаемых порогов слышимости может быть в равной степени применен для других полос (белого или розового) шума, ширина полосы которых меньше ширины критической полосы.

Устанавливаемые уровни основаны на данных, предоставленных лабораториями разных стран и являющихся наиболее достоверными и доступными в настоящее время. В приложении А приведены некоторые пояснения к исходным данным и исследованиям, выполненным при определении опорных порогов слышимости.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

Акустика

ОПОРНЫЙ НУЛЬ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ АУДИОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Часть 7

ОПОРНЫЙ ПОРОГ СЛЫШИМОСТИ ПРИ ПРОСЛУШИВАНИИ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОГО И ДИФФУЗНОГО ЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ

State system for ensuring the uniformity of measurements. Acoustics. Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 7. Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions

Дата введения — 2012—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает уровни звукового давления опорных порогов слышимости для калибровки аудиометрического оборудования, применяемого в следующих условиях:

a) Звуковое поле в отсутствие испытуемого образовано либо плоской бегущей волной (свободное звуковое поле), либо является диффузным звуковым полем, как определено ИСО 8253-2. В случае свободного звукового поля источник звука расположен прямо перед слушателем (фронтальное падение звуковой волны).

b) В случае свободного звукового поля тестовые звуковые сигналы являются чистыми (синусоидальными) тонами, в случае диффузного звукового поля — 1/3-октавными полосами (белого или розового) шума.

c) Уровень звукового давления измеряют при отсутствии испытуемого в точке, где должен быть расположен центр его головы.

d) Прослушивание является бинауральным.

Примечания

1 В ИСО 8253-2 приведены коррекции пороговых уровней слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля и заданных углах падения звука (45° и 90°), отличных от фронтального падения звука.

2 Другие условия испытаний приведены в [1].

Пороговые уровни приведены в числовой форме для предпочтительного ряда 1/3-октавных частот от 20 до 16000 Гц включительно в соответствии с ИСО 266 и дополнительно для некоторых аудиометрических частот вплоть до 18000 Гц.

Следует отметить, что рассматриваемые здесь пороговые уровни отличаются от аудиометрического нуля, установленного в ИСО 389-1, ИСО 389-2, ИСО 389-5 и ИСО 389-8, поскольку последние относятся к мона уральному прослушиванию через телефоны с уровнями звукового давления, создаваемыми в стандартных акустических камерах связи и имитаторах уха. Непосредственное сравнение величин, устанавливаемых в упомянутых выше стандартах и в настоящем стандарте, не допускается.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Недатированную ссылку относят к последней редакции ссылочного стандарта, включая его изменения.

ИСО 8253-2 Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 2. Аудиометрия в звуковом поле с использованием испытательных сигналов чистого тона и узкополосных сигналов (ISO 8253-2, Acoustics — Audiometric test methods — Part 2: Sound field audiometry with pure tone and narrow-band test signals)

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **порог слышимости** (threshold of hearing): Уровень звукового давления, при котором испытуемый правильно распознает тестовый сигнал в 50 % специально организованных повторяющихся опытов.

Примечание — Значение определяемого порога слышимости в значительной мере зависит от метода испытаний. Величины, устанавливаемые в серии стандартов ИСО 389, определены на основе метода испытаний по ИСО 8253-1. При использовании других методов можно ожидать расхождения в среднем на несколько децибел.

3.2 **человек с нормальным слухом** (ontologically normal person): Человек с нормальным состоянием здоровья, у которого отсутствуют признаки и симптомы ушных заболеваний, причем наружные слуховые проходы свободны от выделений, и который в течение жизни не подвергался избыточному воздействию шумов, действию вредных для слуха медикаментов и не имеет наследственной потери слуха.

3.3 **опорный порог слышимости** (reference threshold of hearing): На заданной частоте уровень звукового давления чистого тона или 1/3-октавного полосового шума, равный медиане бинауральных порогов слышимости людей с нормальным слухом в возрасте от 18 до 25 лет включительно.

3.4 **свободное звуковое поле** (free sound field): Звуковое поле, в котором влияние ограждающих поверхностей помещения на звуковые волны пренебрежимо мало.

3.5 **диффузное звуковое поле** (diffuse sound field): Звуковое поле, образованное звуковыми волнами одинаковой интенсивности и приходящими в заданную точку более или менее одновременно с равной вероятностью со всех направлений.

4 Требования

Опорные пороги слышимости для условий прослушивания, установленных в разделе 1, указаны в таблице 1. В данной таблице также приведены разности уровней звукового давления 1/3-октавного шума в диффузном звуковом поле и уровней звукового давления чистых тонов фронтально падающих бегущих волн для одинаковых порогов слышимости. Графическая иллюстрация опорных порогов слышимости изображена на рисунке 1.

Таблица 1 — Опорные пороги слышимости при условиях прослушивания, установленных в разделе 1, и разности уровней звукового давления в свободном и диффузном звуковых полях

Частота f, Гц	Опорный порог слышимости в условиях прослушивания		Разность $\Delta L = T_f - T_f'$, дБ
	в свободном звуковом поле (фронтальное падение) T_f (относит. 20 мкРа), дБ	в диффузном звуковом поле T_f' (относит. 20 мкРа), дБ	
20	78,5[a]	78,5	0
25	68,7	68,7	0
31,5	59,5	59,5	0
40	51,1	51,1	0
50	44,0	44,0	0
63	37,5	37,5	0
80	31,5	31,5	0
100	26,5	26,5	0
125	22,1	22,1	0
160	17,9	17,9	0
200	14,4	14,4	0
250	11,4	11,4	0
315	8,6	8,4	0,2

Окончание таблицы 1

Частота f, Гц	Опорный порог слышимости в условиях прослушивания		Разность $\Delta L = T_f - T_f'$, дБ
	в свободном звуковом поле (фронтальное падение) T_f (относит. 20 мкРа), дБ	в диффузном звуковом поле T_f' (относит. 20 мкРа), дБ	
400	6,2	5,8	0,4
500	4,4	3,8	0,6
630	3,0	2,1	0,9
750	2,4	1,2	1,2
800	2,2	1,0	1,2
1000	2,4	0,8	1,6
1250	3,5	1,9	1,6
1500	2,4	1,0	1,4
1600	1,7	0,5	1,2
2000	–1,3	–1,5	0,2
2500	–4,2	–3,1	–1,1
3000	–5,8	–4,0	–1,8
3150	–6,0	–4,0	–2,0
4000	–5,4	–3,8	–1,6
5000	–1,5	–1,8	0,3
6000	4,3	1,4	2,9
6300	6,0	2,5	3,5
8000	12,6	6,8	5,8
9000	13,9	8,4	5,5
10000	13,9	9,8	4,1
11200	13,0	11,5	1,5
12500	12,3	14,4	–2,1
14000	18,4	23,2	–4,8
16000	40,2	43,7	–3,5[a]
18000	73,2[a]	—	—

[a] На частотах 20, 1600 и 18000 Гц экспериментальные данные получены только в одной испытательной лаборатории.

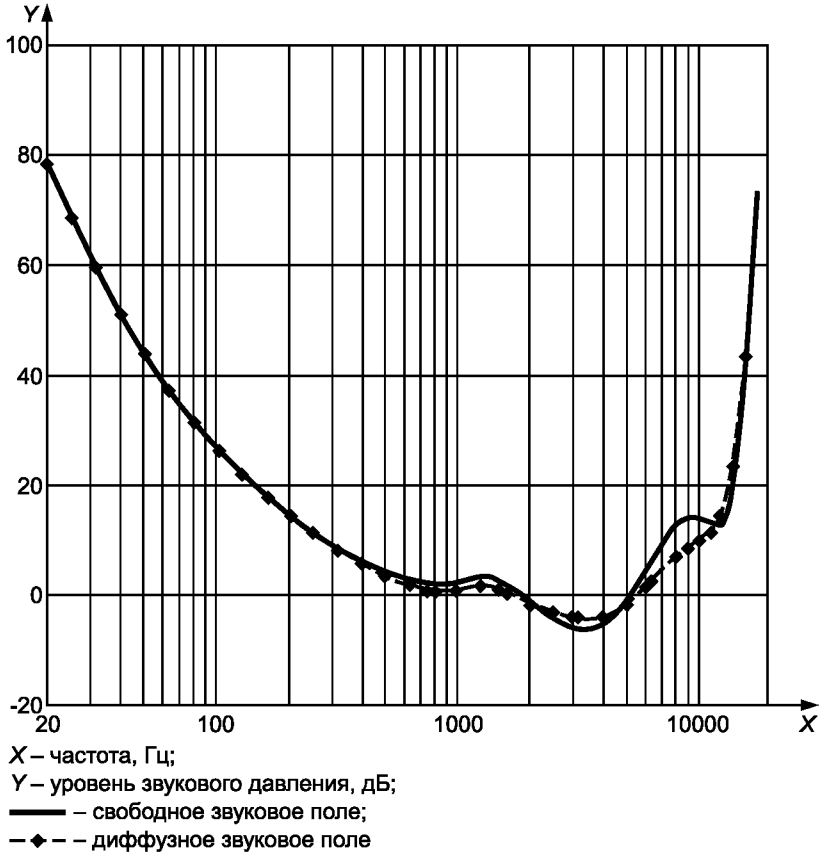

Рисунок 1 — Опорный порог слышимости чистых тонов при бинауральном прослушивании (фронтальное падение звуковых волн) и для 1/3-октавного шума при бинауральном прослушивании в диффузном звуковом поле

Примечание — В отличие от других частей ИСО 389 опорные пороги слышимости в таблице 1 приведены с точностью до 0,1 дБ. Это сделано для того, чтобы опорные пороги слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля, приведенные в настоящем стандарте и в ИСО 226, имели одинаковую точность.

Приложение А
(справочное)

Пояснения к выводу опорных порогов слышимости

А.1 При прослушивании в условиях свободного звукового поля

В диапазоне частот от 20 до 12500 Гц уровни звукового давления опорных порогов слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля, устанавливаемые в настоящем стандарте, взяты из ИСО 226. Уровни звукового давления порогов слышимости для девяти дополнительных аудиометрических частот между 750 Гц и 18000 Гц были определены с помощью метода сглаживания по ИСО 226 на основе данных 15 исследований, описанных в библиографических источниках к настоящему стандарту (см. рисунок А.1).

Был использован следующий метод сглаживания.

За исключением результатов двух исследований [20] и [21], где представлены средние значения, использованные в процедуре сглаживания, уровни порогов слышимости в диапазоне от 20 до 18000 Гц выражались как среднее медиан каждого исследования на каждой частоте, затем они сглаживались и интерполировались функциями кубического B-сплайна. Окончательные значения показаны на рисунке А.1 и как T_f в таблице 1. При расчете функции B-сплайна число испытуемых не учитывалось. Для большей части этих исследований, содержащих данные для порогов слышимости и равных громкостей, условия испытаний соответствуют ИСО 226. Для остальных пяти исследований, в которых приведены данные только по порогам слышимости, общие сведения об условиях испытаний указаны в таблице А.1.

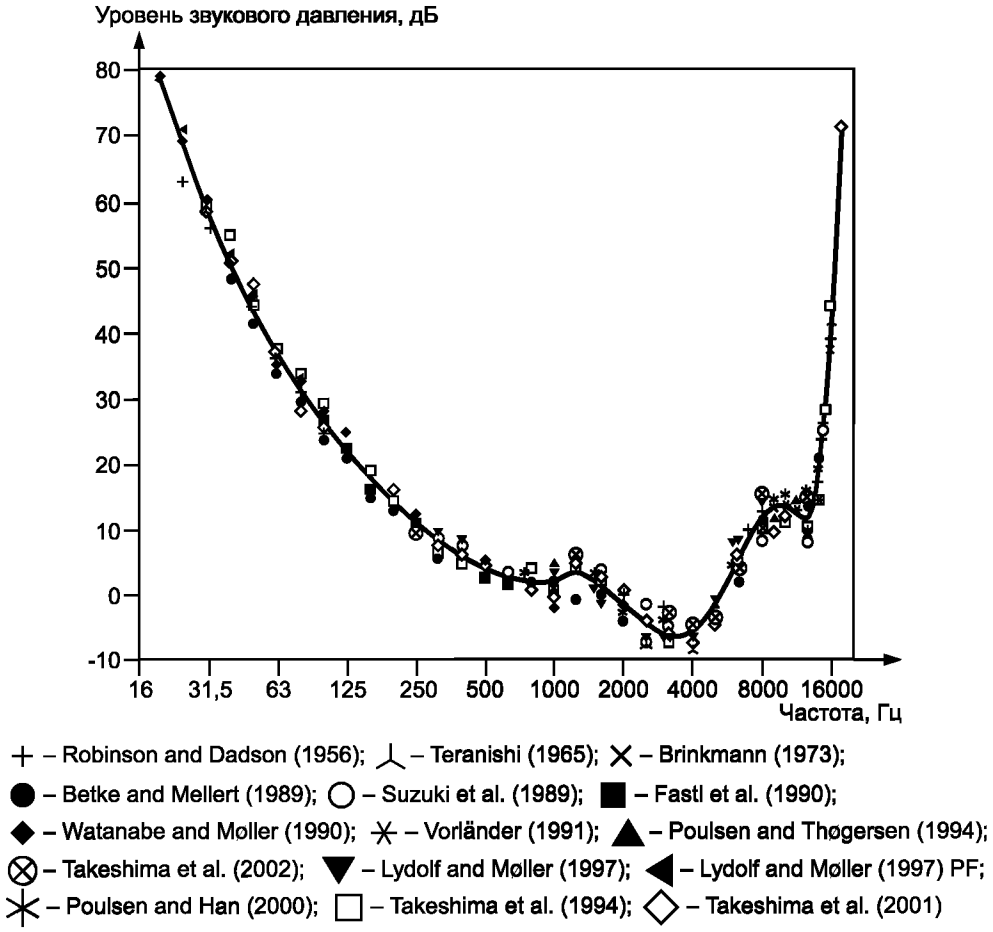

Рисунок А.1 — Экспериментальные данные, использованные для установления опорных порогов слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля и для построения расчетной кривой, обеспечивающей наилучшее сглаживание экспериментальных данных

А.2 При прослушивании в условиях диффузного звукового поля

Разности между опорными порогами слышимости при прослушивании в условиях свободного и диффузного полей были определены в девяти независимых экспериментальных исследованиях. Они взяты из литературных источников и частично содержатся в публикациях ИСО/ТК 43 (см. [12]—[19]).

Таблица А.1 — Сведения об исследованиях порога слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля, дополнительные по отношению к приведенным в ИСО 226 (таблица С.1)

Сведения об исследованиях	Библиографический источник				
	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]
Год	1956	1965	1973	1991	2000
Страна	Англия	Япония	Германия		Дания
Условия прослушивания	Свободное звуковое поле				
Частоты измерений, Гц	25, 33, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 10000, 12000, 15000	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000	1000, 4000, 8000, 9000, 10000, 11 200, 12 500, 14000, 16000	125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000, 16000
Число испытуемых (возраст)	51[a] (20)	11 (от 18 до 24)	От 34 до 42[b] (от 18 до 25)	31 (от 18 до 25)	31 (от 18 до 25)

[a] Для частот ниже 200 Гц: 120 испытуемых.
[b] В зависимости от частоты.

Основные особенности испытаний заключаются в следующем:

a) сравнение громкости пятью испытуемыми, сравнение результатов в искусственном диффузном звуковом поле со свободным полем [12];

b) измерения при помощи микрофонного зонда для обоих типов звукового поля, 6 испытуемых, диффузное поле в реверберационном помещении [13];

c) объективные и субъективные измерения:

1) объективные измерения: реакция уха на свободное и диффузное звуковое поле, 20 испытуемых, микрофонные зонды, сравнение результатов в искусственном диффузном звуковом поле со свободным полем [14];

2) субъективные измерения: сравнение громкости 26 испытуемыми, сравнение результатов в искусственном диффузном звуковом поле со свободным полем [14];

d) определение разностей между кривыми уровней равной громкости 20 и 40 фон в свободном и диффузном звуковых полях, 12 испытуемых [15];

e) измерения в свободном и диффузном звуковых полях для геометрической модели уха и 7 моделей ушной раковины [16];

f) определение эффективности преобразования диффузного звукового поля в колебания барабанной перепонки при помощи микрофонного зонда, 16 испытуемых, диффузное звуковое поле. Данные результаты совместно с результатами [16] определения эффективности преобразования свободного поля в колебания барабанной перепонки были использованы для расчета разностей L[17];

g) измерения импульсной реакции уха с помощью случайных последовательностей максимальной длины в свободном звуковом поле, 37 направлений прихода звуковых волн, микрофонные зонды, 13 испытуемых, качество диффузного поля оценивалось по характеристикам направленности [18];

h) измерения импульсной переходной характеристики уха с помощью случайных последовательностей максимальной длины в свободном звуковом поле, 97 направлений прихода звуковых волн, микрофонные зонды, 40 испытуемых, качество диффузного поля оценивалось по характеристикам направленности [19];

Для наилучшего сглаживания экспериментальных данных был применен полином 11-го порядка. С помощью данного полинома рассчитаны значения L на среднегеометрических 1/3-октавных и промежуточных аудиометрических частотах.

На рисунке А.2 приведены результаты исследований [12]—[19] и сглаженная кривая.

Опорные пороги слышимости при прослушивании в диффузном звуковом поле (T_f' в таблице 1) получены вычитанием значений из пороговых уровней слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля.

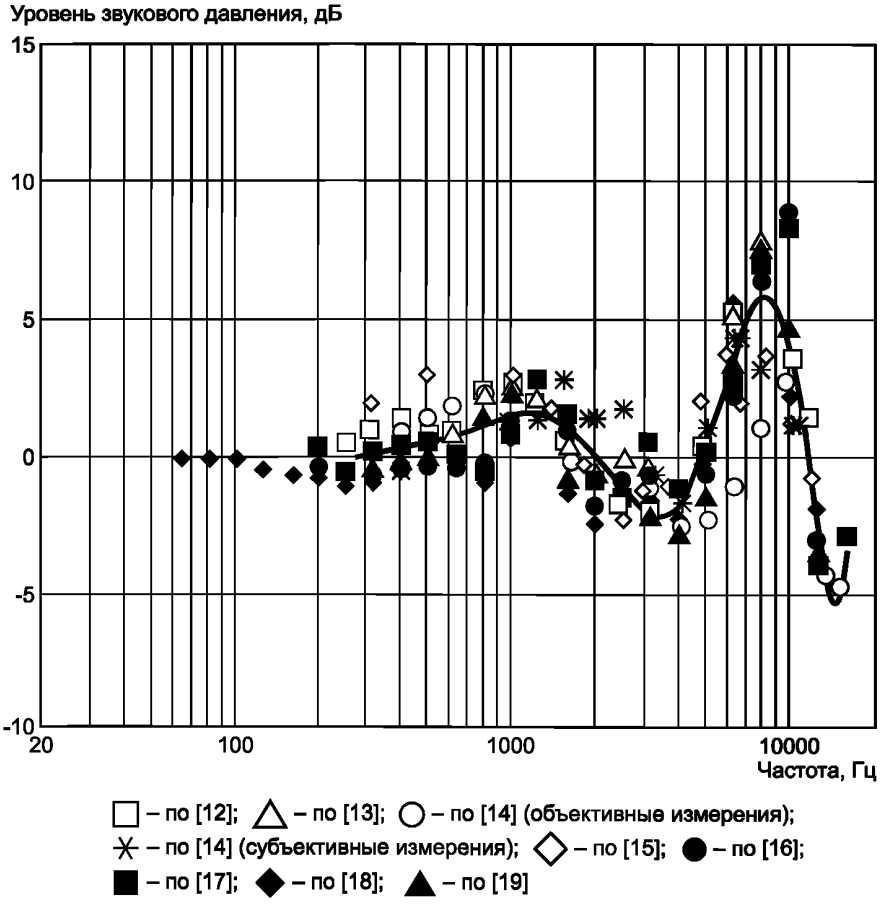

Рисунок А.2 — Экспериментальные данные для определения L, указанного в таблице 1, и расчетная кривая, обеспечивающая наилучшее сглаживание экспериментальных данных

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 8253-2	—	*
ИСО 226	IDT	ГОСТ Р ИСО 226—2009 «Акустика. Стандартные кривые равной громкости»
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.		
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1] Threshold of Hearing: Preferred test conditions for determining hearing thresholds for standardisation. Scand. Audiol. 25, 1996, pp. 45—52

[2] ISO 226 Acoustics — Normal equal-loudness-level contours

[3] ISO 266 Acoustics — Preferred frequencies

[4] ISO 389-1 Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones

[5] ISO 389-2 Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 2: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones

[6] ISO 389-5 Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz

[7] ISO 389-8 Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones

[8] ISO 8253-1 Acoustics — Audiometric test methods — Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry

[9] IEC 60645-1, Electroacoustics — Audiological equipment — Part 1: Pure-tone audiometers

[10] IEC 60645-4, Audiometers — Part 4: Equipment for extended high-frequency audiometry

[11] KUHL, W., WESTPHAL, W. Unterschiede der Lautstärken in der ebenen Welle und im diffusen Schallfeld. Acustica, 9,1959, pp. 407—408

[12] JAHN, G. Über den Unterschied zwischen Kurven gleicher Lautstärke in der ebenen Welle und im diffusen Schallfeld. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 69, 1960, pp. 75—81

[13] ROBINSON, D.W., WHITTLE, L.S., BOWSHER, J.M. The loudness of diffuse sound fields. Acustica, 11, 1961, pp. 397—404

[14] ZWICKER, E. Lautstärke und Lautheit. Proceedings of 3rd International Congress on Acoustics, 1959, Elsevier, Amsterdam, 1961, pp. 63—78

[15] SHAW, E.A.G. The acoustics of the external ear. In: Acoustical factors affecting hearing aid performance. (Studebaker, G.A. and Hochberg, I. eds.). University Park Press, Baltimore, 1980, pp. 109—1242)

[16] KILLION, M.G., BERGER, E.H., NUSS, R.A. Diffuse field response of the ear. J. Acoust. Soc. Am. 81, 1987, Suppl. 1, S 75.1

[17] SCHMITZ, A., VORLÄNDER, M. Messung von Ausenohr-Stoßantworten mit Maximalfolgen-Hadamard-Transformation und deren Anwendung bei Inversionsversuchen. Acustica, 71, 1990, pp. 257—268

[18] MØLLER, H., SØRENSEN, M. F., HAMMERSHØI, D. and JENSEN, C. B. Head-related Transfer Functions of Human Subjects. J. Audio Eng. Soc., 43 (5), 1995, pp. 300—321

[19] BRINKMANN, K., VORLÄNDER, M., FEDTKE, T. Re-determination of the threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions. Acustica, 80, 1994, pp. 453—462

[20] ROBINSON, D.W., DADSON, M.A. A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones. British J. Appl. Phy., 7, 1956, pp. 166—181

[21] TERANISHI, R. Study about measurement of loudness on the problems of minimum audible sound. Researches of the Electrotechnical Laboratory, No. 658, Tokyo, Japan, 1965

[22] BRINKMANN, K. Audiometer-Bezugswelle und Freifeld-Hörschwelle. Acustica, 28, 1973, pp. 147—154

[23] VORLÄNDER, M. Freifeld-Hörschwelle von 8 kHz — 16 kHz. Fortschritte der Akustik — DAGA '91, Bad Honnef, DPG-GmbH, 1991, pp. 533—536

[24] POULSEN, T., HAN, L.A. The binaural free field hearing threshold for pure tones from 125 Hz to 16 kHz. Acustica — Acta Acustica, 86, 2000, pp. 333—337

УДК 534.322.3.08:006.354 МКС 13.140 Т34

Ключевые слова: аудиометрия, опорный порог слышимости, свободное звуковое поле, диффузное звуковое поле

Редактор *Б.Н. Колесов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 08.08.2012. Подписано в печать 24.09.2012. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40. Тираж 94 экз. Зак. 809.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru