ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 389-7— 2023

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 389-7:2019, 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
Российский институт стандартизации
2023

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 358 «Акустика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2023 г. № 994-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 389-7:2019 «Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрического оборудования. Часть 7. Опорный порог слышимости при прослушивании в условиях свободного и диффузного звуковых полей» (ISO 389-7:2019 «Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 43 «Акустика».

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5)

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 389-7—2011

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 (www.rst.gov.ru)

© ISO, 2019
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Требования 2
Приложение А (справочное) Пояснения к выводу опорных порогов слышимости 5
Библиография 8

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 [8] и [30].

В общем случае в силу различных субъективных обстоятельств пороги слышимости для разных людей слегка отличаются друг от друга. 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, относятся к условиям:

a) бинаурального прослушивания чистых тонов в условиях бегущих плоских звуковых волн, излучаемых источником, расположенным прямо перед испытуемым (фронтальное падение звука), при измерении уровня звукового давления бегущей звуковой волны в центральной точке предполагаемого расположения головы испытуемого при его фактическом 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 предполагаемого расположения головы испытуемого при его фактическом 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 — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает уровни звукового давления опорных порогов слышимости для калибровки аудиометрического оборудования при выполнении следующих условий:

a) звуковое поле в отсутствии испытуемого образовано либо плоской бегущей волной (свободное звуковое поле), либо является диффузным звуковым полем, как определено в [30]. 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.

Примечание 1 — В [30] 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.

Примечание 2 — Другие условия испытаний приведены в [1].

Пороговые уровни приведены в числовой форме для предпочтительного ряда третьоктавных частот от 20 до 16 000 Гц включительно в соответствии с [3] и дополнительно для некоторых аудиометрических частот вплоть до 18 000 Гц.

Пороговые уровни, устанавливаемые настоящим стандартом, отличаются от аудиометрического нуля по [4]—[7], поскольку эти документы предполагают монауральное прослушивание через телефоны с уровнями звукового давления, создаваемого в стандартных акустических камерах связи и в имитаторах уха. В связи с этим величины, устанавливаемые в [4]—[7] и в настоящем стандарте, непосредственному сопоставлению не подлежат.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

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

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на https://www.iso.org/obp;
- Электропедия МЭК: доступна на http://www.electropedia.org/.

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

Примечание — Значение определяемого порога слышимости в значительной мере зависит от метода испытаний. Величины, устанавливаемые в стандартах серии ИСО 389, определены на основе метода испытаний по [8]. При использовании других методов можно ожидать расхождение 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): Уровень звукового давления чистого тона заданной частоты или 1/3-октавного полосового шума, равный медиане бинауральных порогов слышимости людей с нормальным слухом (3.2) 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 приблизительно одновременно с равной вероятностью со всех направлений.

4 Требования

Опорные пороги слышимости для условий прослушивания, указанных в разделе 1, приведены в таблице 1. В данной таблице представлены также 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. Опорные пороги слышимости представлены на рисунке 1.

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

Частота f, Гц	Опорный порог слышимости в условиях прослушивания		$\Delta L = Tf - T'_f$, дБ
	в свободном звуковом поле (фронтальное падение) T_f (относительно 20 мкПа), дБ	в диффузном звуковом поле T'_f (относительно 20 мкПа), дБ	
20	78,1	78,1	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

Окончание таблицы 1

Частота f, Гц	Опорный порог слышимости в условиях прослушивания		$\Delta L = Tf - T'_f$, дБ
	в свободном звуковом поле (фронтальное падение) T_f (относительно 20 мкПа), дБ	в диффузном звуковом поле T'_f (относительно 20 мкПа), дБ	
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
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
10 000	13,9	9,8	4,1
11 200	13,0	11,5	1,5
12 500	12,3	14,4	–2,1
14 000	18,4	23,2	–4,8
16 000	40,2	43,7	–3,5[a]
18 000	70,4	—	—

[a] На частоте 16 000 Гц экспериментальные данные получены только в одной испытательной лаборатории.

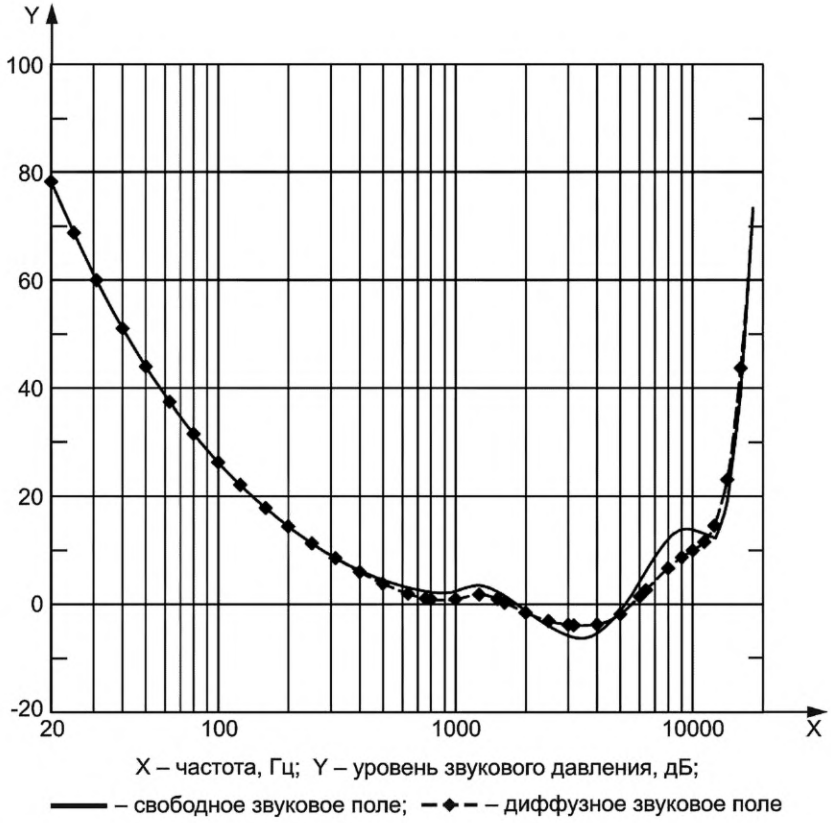


Рисунок 1 — Опорный порог слышимости чистых тонов при бинауральном прослушивании (фронтальное падение звуковых волн) и для 1/3-октавного шума при бинауральном прослушивании в диффузном звуковом поле

П р и м е ч а н и е — В отличие от других стандартов серии 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 [2], 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 12 500 Гц уровни звукового давления опорных порогов слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля, устанавливаемые в настоящем стандарте, взяты из [2]. Уровни звукового давления порогов слышимости для девяти дополнительных аудиометрических частот между 750 Гц и 18 000 Гц были определены с помощью метода подгонки по [2] на основе данных 15 исследований, описанных в библиографических источниках к настоящему стандарту (см. рисунок А.1).

Был использован следующий метод подгонки.

За исключением результатов двух исследований [21] и [22], где представлены и использованы в процедуре подгонки средние значения, уровни порогов слышимости в диапазоне от 20 до 18 000 Гц выражались как среднее медиан каждого исследования на каждой частоте, после чего они подлежали сглаживанию и интерполированию кубическими B-сплайнами. Полученные значения показаны на рисунке А.1. При расчете сплайн-функции число испытуемых не учитывалось. Для большей части этих исследований, содержащих данные для порогов слышимости и равных громкостей, условия испытаний соответствовали ИСО 226. Для остальных пяти исследований, в которых приведены данные только по порогам слышимости, общие сведения об условиях испытаний указаны в таблице А.1.

Кроме того, значения при частотах 20 Гц и 18 000 Гц были заменены средним значением медианных пороговых значений двух исследований [25] и [26] и трех исследований [27]—[29] соответственно с целью увеличить количество вовлеченных испытуемых и тем самым повысить достоверность пороговых значений. Взвешивание по количеству испытуемых при усреднении не проводилось. Полученные значения показаны как T_f в таблице 1.

Примечание — В результате указанной замены опорные пороги слышимости при 20 Гц, приведенные в настоящем стандарте, отличаются от представленных в [2].

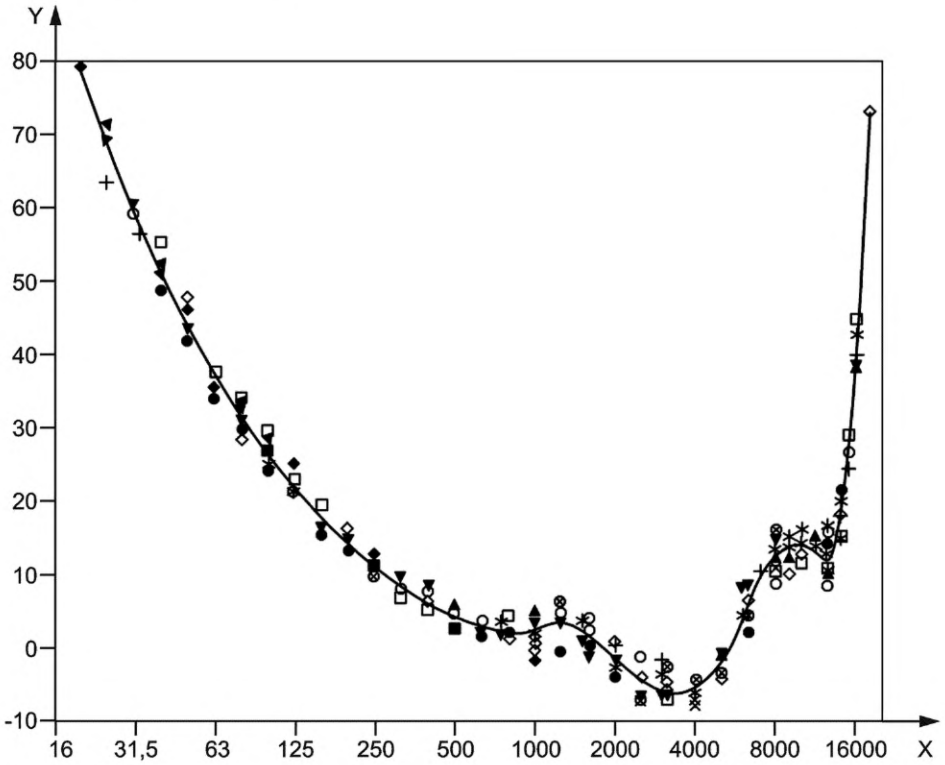


Рисунок А.1 — Экспериментальные данные, использованные для установления опорных порогов слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля и для построения расчетной кривой, обеспечивающей наилучшую подгонку под экспериментальные данные

X – частота, Гц;

Y – уровень звукового давления, дБ;

+ – Робинсон и Дадсон (1956);
⅄ – Тераниши (1965);
× – Бринкман (1973);
● – Бетке и Меллерт (1989);
○ – Судзуки и др. (1989);
■ – Фастл и др. (1990);
◆ – Ватанабе и Мюллер (1990);
✳ – Форлендер (1991);
▲ – Поульсен и Торгенсен (1994);
□ – Такешима и др. (1994);
▼ – Людольф и Мюллер (1997);
◄ – Людольф и Мюллер (1997) (в поле давления);
✱ – Поульсен и Хан (2000);
◇ – Такешима и др. (2001);
⊗ – Такешима и др. (2002)

Таблица А.1 — Сведения об исследованиях порога слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля, дополнительные по отношению к приведенным в [2, 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, 10 000, 12 000, 15 000	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10 000	63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000	1000, 4000, 8000, 9000, 10 000, 11 200, 12 500, 14 000, 16 000	125, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 9000, 10 000, 11 200, 12 500, 14 000, 16 000
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.

Таблица А.2 — Сведения о дополнительных исследованиях порога слышимости на частотах 20 Гц и 18000 Гц

Сведения об исследованиях	Библиографический источник				
	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]
Год	1997	2008	2001	2003	2005
Страна	Дания	Япония			
Условия прослушивания	Поле давления[a]		Свободное звуковое поле		
Частот измерений, Гц	20	20	18 000	18 000	18 000
Число испытуемых (возраст)	23 (от 19 до 25)	51 (от 19 до 25)	32 (18 до 25)	51 (от 19 до 24)	38 (от 18 до 24)

[a] Из эксперимента известно, что на низких частотах измерение порога слышимости в поле давления дает то же значение, что и в свободном поле.

А.2 При прослушивании в условиях диффузного звукового поля

Разности между опорными порогами слышимости при прослушивании в условиях свободного и диффузного поля были определены в девяти независимых экспериментальных исследованиях (см. [12]—[19]).

Указанные экспериментальные исследования включали в себя:

a) сравнение пятью испытуемыми громкости звука в условиях искусственного диффузного и свободного звукового поля ([12]);

b) измерения при помощи микрофонного зонда для обоих типов звукового поля (шесть 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 ΔL в [17];

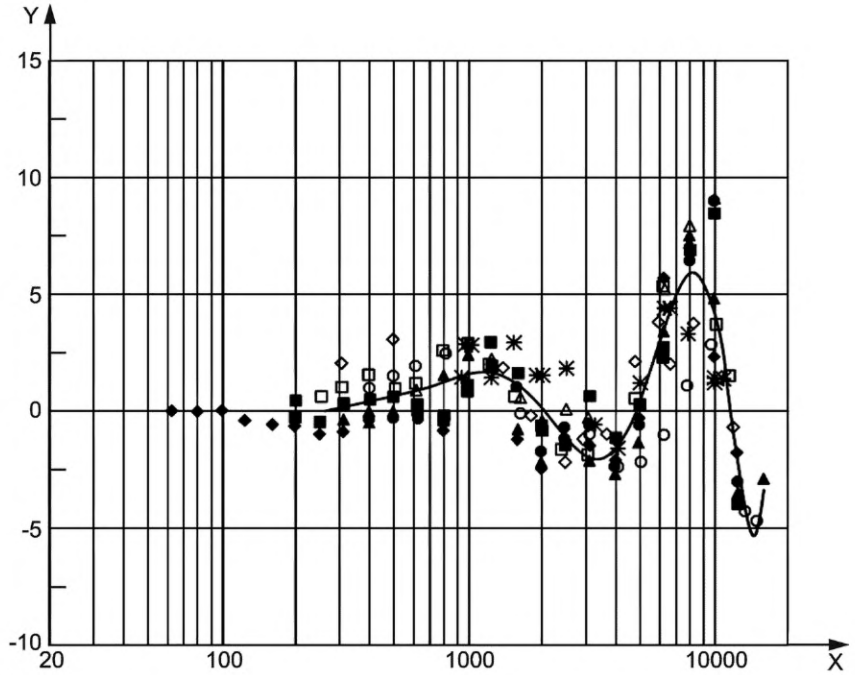
g) измерения импульсной реакции уха с помощью случайных последовательностей максимальной длины в свободном звуковом поле (37 направлений прихода звуковых волн, микрофонные зонды, 13 испытуемых, качество диффузного поля оценивалось по характеристикам направленности [18]);

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 наилучшей подгонки под экспериментальные данные был применен полином 11-го порядка. С помощью данного полинома рассчитаны значения ΔL 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' в таблице 1) получены вычитанием значений ΔL из пороговых уровней слышимости при прослушивании в условиях свободного звукового поля.



X – частота, Гц;

Y – уровень звукового давления ΔL, дБ;

□ – по [12]; △ – по [13]; ○ – по [14], объективные измерения;

✳ – по [14], субъективные измерения; ◇ – по [15]; ● – по [16];

■ – по [17]; ◆ – по [18]; ▲ – по [19]

Рисунок А.2 — Экспериментальные данные для получения ΔL, приведенного в таблице 1, и расчетная кривая, обеспечивающая наилучшую подгонку под экспериментальные данные

Библиография

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

[2] ISO 226:2003, Acoustics — Normal equal-loudness-level contours (Акустика. Стандартные кривые равной громкости)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 226—2009 «Акустика. Стандартные кривые равной громкости»

[3] ISO 266, Acoustics — Preferred frequencies (Акустика. Предпочтительные частоты)*

[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 (Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 1. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для прижимных телефонов)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 389-1—2023 «Государственная система обеспечения единства измерений. Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 1. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для прижимных телефонов»

[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 (Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 2. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для вставных телефонов)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 389-2—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 2. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для вставных телефонов»

[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 (Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 5. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов в диапазоне частот от 8 до 16 кГц)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 389-5—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 5. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов в диапазоне частот от 8 до 16 кГц»

[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 (Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 8. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для охватывающих телефонов)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 389-8—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 8. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления чистых тонов для охватывающих телефонов»

[8] ISO 8253-1, Acoustics — Audiometric test methods — Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry (Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 1. Тональная пороговая аудиометрия по воздушной и костной проводимости)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 8253-1—2012 «Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 1. Тональная пороговая аудиометрия по воздушной и костной проводимости»

[9] IEC 60645-1, Electroacoustics — Audiological equipment — Part 1: Pure-tone audiometers (Электроакустика. Аудиометрическое оборудование. Часть 1. Оборудование для тональной аудиометрии)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р МЭК 60645-1—2017 «Электроакустика. Аудиометрическое оборудование. Часть 1. Оборудование для тональной и речевой аудиометрии»

* В Российской Федерации действует ГОСТ 12090—80 «Частоты для акустических измерений. Предпочтительные ряды».

[10] IEC 60645-4, Audiometers — Part 4: Equipment for extended high-frequency audiometry (Аудиометры. Часть 4. Оборудование для высокочастотной аудиометрии)*

[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., Hochberg I., eds.). University Park Press, Baltimore, 1980, pp. 109—124

[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 Auβenohr Stoβantworten mit MaximalfolgenHadamard-Transformation und deren Anwendung bei Inversionsversuchen. Acustica, 71, 1990, pp. 257—268

[18] Møller H., Sørensen M. F., Hammershøi D., 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 pp. 147—154 K., Audiometer-Bezugswelle und Freifeld-Hörschwelle. Acustica, 28, 1973,

[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

[25] Lydolf M., Møller H. New measurements of the threshold of hearing and equal-loudness contours at low frequencies. Proceedings of the 8th International Meeting on Low Frequency Noise and Vibration, Gothenburg, Sweden, 1997, pp. 76—84

[26] Kurakata K., Mizunami T., Sato H., Inukai Y., Effect of ageing on hearing thresholds in the low frequency region. J. Low Freq. Noise Vibr. Act. Cont., 27, 2008, pp. 175—184

[27] Takeshima H., Suzuki Y., Fujii H., Kumagai M., Ashihara K., Fujimori T., Sone T., Equalloudness contours measured by the randomized maximum likelihood sequential procedure. Acta Acustica united with Acustica, 87, 2001, pp. 389—399

[28] Kurakata K., Ashihara K., Matsushita K., Tamai H., Ihara Y., Threshold of hearing in free field for high-frequency tones from 1 to 20 kHz. Acoust. Sci. Tech., 24, 2003, pp. 398—399

[29] Kurakata K., Mizunami T., Matsushita K., Ashihara K., Statistical distribution of normal hearing thresholds under free-field listening conditions. Acoust. Sci. Tech., 26, 2005, pp. 440—446

[30] ISO 8253-2, Acoustics — Audiometric test methods — Part 2: Sound field audiometry with puretone and narrow-band test signals (Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Аудиометрия в звуковом поле с использованием чистых тонов и узкополосных испытательных сигналов)

Примечание — Рекомендуется применять гармонизированный стандарт ГОСТ Р ИСО 8253-2—2012 «Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 2. Аудиометрия в звуковом поле с использованием чистых тонов и узкополосных испытательных сигналов»

* Стандарт заменен на IEC 60645-1.

УДК 534.322.3.08:006.354 ОКС 13.140

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

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 29.09.2023. Подписано в печать 16.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,56.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

ISBN 978-3-2023