ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 8253-3— 2024

Акустика

МЕТОДЫ АУДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Часть 3

Речевая аудиометрия

(ISO 8253-3:2022, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Производственно-коммерческая фирма Цифровые приборы» (ООО «ПКФ Цифровые приборы») и Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 358 «Акустика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 декабря 2024 г. № 1854-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 8253-3:2022 «Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 3. Речевая аудиометрия» (ISO 8253-3:2022 «Acoustics — Audiometric test methods — Part 3: Speech audiometry»).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ТС 43 «Акустика» Международной организации по стандартизации (ISO) совместно с Техническим комитетом ТК 211 «Акустика» Европейского комитета по стандартизации (CEN).

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 8253-3—2014

*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, 2022
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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 к записи речевого материала . . . 4
4.1 Общие требования . . . 4
4.2 Сигнал для калибровки оборудования . . . 4
4.3 Образцовая запись . . . 4
4.4 Помещение для звукозаписи . . . 4
4.5 Звукозаписывающее оборудование . . . 5
4.6 Сигналы, применяемые в аудиометрических испытаниях . . . 5
4.7 Фонетическая эквивалентность тестовых таблиц . . . 6
4.8 Перцептивная эквивалентность тестовых таблиц . . . 6
5 Валидация записей речевого материала . . . 6
5.1 Общие положения . . . 6
5.2 Определение нормальной артикуляционной кривой . . . 7
5.3 Определение перцептивной эквивалентности тестовых таблиц . . . 7
5.4 Определение повторяемости результатов испытаний . . . 8
5.5 Сопроводительная документация . . . 8
6 Требования к речевой аудиометрии . . . 9
6.1 Требования к оборудованию . . . 9
6.2 Требования к звуковому полю помещения для речевой аудиометрии . . . 9
6.3 Речевая аудиометрия в звуковом поле . . . 9
7 Подготовка и инструктаж испытуемого . . . 9
7.1 Общие положения . . . 9
7.2 Подготовка испытуемого . . . 9
7.3 Инструктаж испытуемого . . . 10
8 Виды реакций испытуемого . . . 10
9 Определение порогового уровня различения речи . . . 11
10 Определение порогового уровня разборчивости речи . . . 11
11 Определение показателя разборчивости . . . 12
12 Маскирование контралатерального уха . . . 13
13 Речевая аудиометрия с конкурирующим звуком . . . 13
13.1 Типы конкурирующего звука . . . 13
13.2 Предъявление конкурирующего звука . . . 14
13.3 Уровни речевого сигнала и конкурирующего звука . . . 14
13.4 Метод испытаний . . . 14
14 Формат речевой аудиограммы . . . 15
15 Неопределенность измерения . . . 15
16 Обслуживание и калибровка аудиометрического оборудования . . . 15
16.1 Общие положения . . . 15
16.2 Регулярный контроль и проверка функционирования . . . 16
16.3 Периодические инструментальные проверки . . . 16
16.4 Основные калибровки . . . 16
16.5 Временные интервалы между проверками . . . 16
Приложение A (справочное) Примеры речевых материалов . . . 18
Приложение B (справочное) Примеры конкурирующих звуков . . . 19
Приложение C (справочное) Типичные результаты речевой аудиометрии . . . 20
Приложение D (справочное) Оптимизация перцептивной эквивалентности тестовых таблиц . . . 24
Приложение E (справочное) Неопределенность измерения . . . 25
Приложение F (справочное) Определение минимально необходимого числа испытуемых при валидации записей речевого материала . . . 29
Приложение G (справочное) Определение характеристик повторяемости . . . 31
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам . . . 36
Библиография . . . 37

Введение

Речевую аудиометрию используют для оценки слуха в программах диагностики органа слуха и его реабилитации.

Результаты речевой аудиометрии зависят от речевого материала и применяемого метода испытаний. Настоящий стандарт устанавливает требования к речевому материалу, позволяющие обеспечить минимально необходимые условия по точности и сопоставимости результатов разных испытаний с использованием разных речевых материалов (включая материалы на разных языках), а также методы испытаний на восприятие речи.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Акустика

МЕТОДЫ АУДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Часть 3

Речевая аудиометрия

Acoustics. Audiometric test methods. Part 3. Speech audiometry

Дата введения — 2025—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные методы испытаний на восприятие речи в различных аудиологических приложениях.

Примечание — Примеры речевых материалов приведены в приложении А.

Для обеспечения минимально необходимых требований к точности и сопоставимости результатов испытаний, включая испытания на восприятие речи на разных языках, настоящий стандарт устанавливает требования к составу и валидации применяемого в испытаниях речевого материала, но не устанавливает требований к его содержанию.

Настоящий стандарт устанавливает способы определения, получения и представления нормальных уровней разборчивости речевого сигнала.

Методы, установленные настоящим стандартом, предусматривают предъявление записей речевого материала через преобразователь, которым может быть головной телефон, костный вибратор или громкоговоритель. Описаны способы использования маскирующего шума для контралатерального уха и применения конкурирующего звука.

Для некоторых классов испытуемых, например детей, методы, установленные настоящим стандартом, могут потребовать модификаций, которые, однако, в настоящем стандарте не рассматриваются.

Настоящий стандарт не распространяется на специальные испытания, такие как определение направления прихода звука или дихотическое прослушивание.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 8253-1, Acoustics — Audiometric test methods — Part 1: Basic pure-tone air and bone conduction threshold audiometry ИСО 8253-1 (Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 1. Пороговая тональная аудиометрия по воздушной и костной проводимости)

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

Издание официальное

ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) (Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения)

IEC 60645-1:2017, Electroacoustics — Audiological equipment — Part 1: Pure-tone audiometers (Электроакустика. Оборудование аудиологическое. Часть 1. Тональные аудиометры)

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения по ИСО 8253-1 и ИСО 8253-2, а также следующие термины с соответствующими определениями.

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

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

3.1 **речевой сигнал** (speech signal): Звуковой сигнал, несущий информацию на данном языке.

Примечание — Речевой сигнал может представлять собой человеческий голос или его имитацию.

3.2 **тестовый элемент** (test item): Отдельное односложное или многосложное слово, *логатом* (3.12), стихотворная стопа или фрагмент слитной речи, используемые в соответствии с заданными правилами предъявления и оценивания реакции на предъявление в процедурах речевой аудиометрии.

Примечание — Оценивание реакции может быть основано на распознавании всего тестового элемента или его части.

3.3 **тестовая таблица** (test list): Совокупность отобранных *тестовых элементов* (3.2), которые предъявляют как единое целое и распознавание которых оценивают единым показателем.

3.4 **группа тестовых элементов** (set of test items): Ряд отобранных из *тестовой таблицы* (3.3) *тестовых элементов* (3.2).

3.5 **речевой материал** (speech material): Полный набор *тестовых элементов* (3.2), используемый в испытаниях на восприятие речи.

Примечание — Обычно речевой материал разделяют на несколько тестовых таблиц.

3.6 **открытая форма тестирования** (open-set test): Испытание, в котором число возможных ответов для каждого *тестового элемента* (3.2) неограниченно.

3.7 **закрытая форма тестирования** (closed-set test): Испытание, в котором число возможных ответов для каждого *тестового элемента* (3.2) ограниченно.

3.8 **фонема** (phoneme): Минимальная распознаваемая звуковая единица данного естественного языка.

3.9 **класс (эквивалентности) фонемы** (phoneme class): Группа *фонем* (3.8), близких с точки зрения голосового восприятия и акустических характеристик.

3.10 **распределение фонем** (phoneme distribution): Относительная частота *фонем* (3.8) в данном *речевом материале* (3.5).

3.11 **слог** (syllable): Фрагмент речи, последовательно содержащий начальные согласные звуки (необязательный элемент), один гласный звук и заключительные согласные звуки (необязательный элемент).

3.12 **логатом** (logatom): Слоговая единица речи, не несущая вербального значения для слушателя.

Примечание — Логатом иногда называют «бессмысленным слогом».

3.13 **фраза-носитель** (carrier phrase): Фраза, в которой *тестовый элемент* (3.2) расположен таким образом, что его правильное распознавание не зависит от контекста и смысла фразы.

3.14 **слитная речь** (connected speech): Непрерывная речь с естественными интонациями, отдельные фразы которой находятся между собой в логической связи.

3.15 **образцовая запись (речевого материала)** (reference recording, master recording): Запись, осуществленная в строго определенных условиях и используемая для представления *речевого материала* (3.5), его оценивания и применения.

3.16 **уровень речевого сигнала** (speech level): Эквивалентный уровень звукового давления при предъявлении заданного *речевого материала* (3.5), измеренный в соответствующей акустической камере связи, в имитаторе уха или в звуковом поле с применением заданной коррекции по частотной или временной характеристике.

Примечание — Частотные и временные характеристики — по МЭК 61672-1.

3.17 **пороговый уровень различения (речи)** (speech detection threshold level): Минимальный уровень речевого сигнала, при котором данный испытуемый обнаруживает его наличие в 50 % повторных испытаний в заданных условиях предъявления заданного *речевого материала* (3.5).

3.18 **показатель разборчивости (речи)** (speech recognition score): Доля (в процентах) правильно распознанных данным испытуемым *тестовых элементов* (3.2) (или некоторым образом определенной части тестовых элементов) в заданных условиях предъявления заданного *речевого материала* (3.5) при заданном *уровне речевого сигнала* (3.16).

3.19 **речевая аудиограмма** (speech audiogram): Графическое представление результатов речевой аудиометрии в виде зависимости *показателя разборчивости* (3.18), в процентах, от *уровня речевого сигнала* (3.16), дБ, *уровня прослушивания* (3.23), дБ, или *отношения сигнал/шум* (3.31), дБ.

3.20 **максимальный показатель разборчивости (речи)** (maximum speech recognition score): Максимальное по всем *уровням речевого сигнала* (3.16) значение *показателя разборчивости речи* (3.18).

3.21 **пороговый уровень разборчивости (речи)** (speech recognition threshold level): Минимальный *уровень речевого сигнала* (3.16) или *отношения сигнал/шум* (3.31), при котором *показатель разборчивости речи* (3.18) равен 50 % (или другому заданному значению) для данного испытуемого в заданных условиях предъявления заданного *речевого материала* (3.5).

Примечание — Иногда эту величину называют порогом речевого восприятия.

3.22 **нормальный пороговый уровень разборчивости (речи)** (reference speech recognition threshold level): Выборочная медиана *порогового уровня разборчивости* (3.21), полученная по выборке достаточно большого объема для людей обоих полов с нормальным слухом в возрасте от 18 до 25 лет включительно, способных воспринимать данный *речевой материал* (3.5).

3.23 **уровень прослушивания (речи)** (hearing level for speech): Разность между *уровнем речевого сигнала* (3.16) и *нормальным пороговым уровнем разборчивости речи* (3.22) в заданных условиях предъявления заданного *речевого материала* (3.5).

3.24 **уровень максимальной разборчивости (речи)** (optimum speech level): *Уровень речевого сигнала* (3.16) или диапазон *уровней речевого сигнала* (3.16), в котором достигается *максимальный показатель разборчивости речи* (3.20) для данного испытуемого, заданного *речевого материала* (3.5) и заданных условий его предъявления.

3.25 **уровень половины максимальной разборчивости (речи)** (half-optimum speech level): *Уровень речевого сигнала* (3.16), при котором *показатель разборчивости речи* (3.18) равен половине *максимального показателя разборчивости речи* (3.20) для данного испытуемого, заданного *речевого материала* (3.5) и заданных условий его предъявления.

3.26 **уровень комфортного восприятия (речи)** (most comfortable level for speech): *Уровень речевого сигнала* (3.16) в заданных условиях предъявления заданного *речевого материала* (3.5), при котором данный испытуемый оценивает громкость *речевого сигнала* (3.1) как наиболее комфортную для восприятия.

3.27 **артикуляционная кривая** (speech recognition curve): Линия, описывающая зависимость *показателя разборчивости речи* (3.18) от *уровня речевого сигнала* (3.16).

3.28 **нормальная артикуляционная кривая** (reference speech recognition curve): Линия, описывающая зависимость выборочной медианы *показателя разборчивости речи* (3.18), полученной по выборке достаточно большого объема для людей обоих полов с нормальным слухом в возрасте от 18 до 25 лет включительно, способных воспринимать данный *речевой материал* (3.5) в заданных условиях его предъявления, от *уровня речевого сигнала* (3.16).

3.29 **конкурирующий звук** (competing sound): Дополнительный звук, предъявляемый испытуемому во время испытания на восприятие речи.

3.30 **уровень конкурирующего звука** (competing sound level): Эквивалентный уровень звукового давления *конкурирующего звука* (3.29), измеренный в соответствующей акустической камере связи, в имитаторе уха или в звуковом поле с применением заданной коррекции по частотной или временной характеристике.

Примечание — Частотные и временные характеристики — по МЭК 61672-1.

3.31 **отношение сигнал/шум** (speech-to-noise level difference, speech-to-noise ratio, SNR): Разность между *уровнем речевого сигнала* (3.16) и *уровнем конкурирующего звука* (3.30).

3.32 **эффективный уровень маскирующего звука (для речевого сигнала)** (effective masking level for speech): Уровень заданного маскирующего звука, эквивалентный *уровню прослушивания* (3.23), до которого повышается *пороговый уровень разборчивости речи* (3.21) для заданного *речевого сигнала* (3.1) при наличии маскирующего звука.

4 Требования к записи речевого материала

4.1 Общие требования

Каждая копия записи речевого материала должна включать в себя:

a) речевой материал;

b) сигнал калибровки оборудования для речевой аудиометрии

4.2 Сигнал для калибровки оборудования

Сигнал калибровки оборудования для речевой аудиометрии должен удовлетворять следующим требованиям:

a) иметь длительность не менее 60 с;

b) в случае использования для калибровки оборудования в звуковом поле, представлять собой корректированный по частоте случайный шум (например, по МЭК 60645-1:2017, 6.5.3), шум в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 1 кГц или гармонический сигнал на частоте 1 кГц с частотной модуляцией с шириной боковой полосы не менее трети октавы (сигнал частотной модуляции должен быть синусоидальной или треугольной формы и иметь частоту повторения от 4 до 20 Гц);

c) в случае использования для калибровки головного телефона или костного вибратора, представлять собой сигнал, указанный в перечислении b), или чистый тон.

4.3 Образцовая запись

При создании образцовой записи, используемой в неспециальных испытаниях, в качестве диктора может участвовать лицо любого пола, обладающее нормальной отчетливой артикуляцией, диалектные особенности произношения которого не вызовут трудностей в понимании. Диктор должен быть проинструктирован о необходимости поддерживать постоянный естественный темп речи, не допускать усиления или понижения голоса и не делать ударений на ключевых словах.

Примечание 1 — Использование в испытаниях репрезентативных образцов речи облегчает сопоставление их результатов.

Примечание 2 — В ряде случаев, например при локализации аудиологического испытания, может потребоваться использование соответствующего диалекта.

Образцовая запись включает в себя элементы, указанные в 4.1. Все копии записи речевого материала должны быть сделаны с образцовой записи. Вносить в нее изменения не допускается, а если такие изменения необходимы (например, в целях обновления, изменения уровней сигнала или его частотного состава), то образцовая запись должна заново пройти процедуру валидации (см. раздел 5).

Если образцовая запись предназначена для аудиометрических испытаний с воспроизведением речи на фоне шума, то в ней должен содержаться записанный по основному или по отдельному каналу конкурирующий звук.

4.4 Помещение для звукозаписи

Помещение, в котором происходит запись, должно быть малошумным (отношение сигнал/шум должно быть не менее 40 дБ) и иметь время реверберации менее 0,5 с в диапазоне частот от 125 до 8000 Гц.

4.5 Звукозаписывающее оборудование

Звукозаписывающее оборудование, включая микрофон, должно иметь заданную частотную характеристику в диапазоне частот от 125 до 8000 Гц.

Примечание — С учетом требований к качеству записи и сохранению этого качества после многочисленных воспроизведений применение цифровой формы записи является предпочтительным.

Отношение сигнал/шум в записи при использовании той же частотной коррекции, что и при измерении уровня речевого сигнала, должно быть не менее 40 дБ.

4.6 Сигналы, применяемые в аудиометрических испытаниях

В аудиометрических испытаниях используют сигналы разных типов: калибровочный, речевой, оповещающий, конкурирующий звук и пр.

Примечание 1 — В речевой аудиометрии из всех перечисленных обязательным к использованию является речевой сигнал.

Примечание 2 — Речевые сигналы могут представлять собой логатомы, слоги, слова или фразы.

4.6.1 Калибровочные сигналы

Калибровочные сигналы могут включать в себя сигналы, используемые для определения уровня звукового давления (относительно уровня звукового давления калибровочного сигнала), а также сигналы, например, для проверки частотной характеристики измерительной цепи аудиометрического оборудования. Для определения уровня звукового давления речевого сигнала следует использовать только один калибровочный сигнал.

Примечание 1 — Процедура калибровки в общем виде состоит в следующем. Калибровочный сигнал воспроизводят посредством программируемого звукового генератора (звуковой карты). Настройки звукового генератора регулируют таким образом, чтобы воспроизводимый уровень звукового давления, измеренный соответствующим измерительным устройством, совпал с заданным значением. После этого с помощью данного звукового генератора может быть получен сигнал любого уровня посредством соответствующей регулировки выхода (усиления или ослабления).

Если аудиометрическое испытание предполагает использование калибровочного сигнала, то уровень сигнала должен быть задан и измерен в виде эквивалентного уровня звукового давления L_{eq} с применением одной из функций частотной коррекции согласно МЭК 61672-1. Для оцифрованного калибровочного сигнала фиксируют уровень его среднеквадратичного значения относительно максимально возможного значения (верхней границы диапазона) в процессе аудиометрических испытаний.

Примечание 2 — Обычно спектр речевого сигнала таков, что использование функций частотной коррекции Z (линейной) и C дает приблизительно одни и те же уровни сигнала. Однако использование частотной коррекции C может быть предпочтительным, чтобы избежать нежелательного влияния звуков за пределами диапазона слышимости (на очень низких или очень высоких частотах).

Примечание 3 — Если используют шумомер без функции интегрирования сигнала, то с его помощью невозможно измерить L_{eq}, однако в случае немодулированного или слабо модулированного калибровочного сигнала приблизительно те же результаты будут получены с применением временной коррекции S («медленно»).

Если аудиометрическое испытание не предполагает использование калибровочного сигнала, то из всего речевого материала должна быть выделена группа речевых сигналов, которая будет использоваться для определения уровня речевого сигнала в процедуре калибровки. В этом случае уровень речевого сигнала должен быть задан и измерен таким же образом, как и при использовании калибровочного сигнала.

Примечание 4 — Если в целях калибровки применяют речевые сигналы, то применение временной коррекции не позволит получить удовлетворительную аппроксимацию L_{eq}.

4.6.2 Речевые сигналы

В ходе аудиометрических испытаний должны быть зафиксированы отношения (в децибелах для разности уровней или в безразмерных единицах для амплитуд) всех речевых сигналов к сигналам, использованным для калибровки. Номинальный уровень речевого сигнала равен уровню калибровочного сигнала, когда номинальная разность уровней составляет 0 дБ.

Пример — Если разность уровней речевого сигнала и калибровочного сигнала составляет минус 3 дБ, а уровень предъявляемого речевого сигнала должен быть 60 дБ, то при воспроизведении речевого сигнала аудиометрическое оборудование должно быть настроено на уровень калибровочного сигнала 63 дБ.

Примечание 1 — Речевые сигналы могут быть отрегулированы по уровню таким образом, чтобы повысить их разборчивость. В этом случае L_{eq} речевого сигнала не может быть равен L_{eq} калибровочного сигнала, даже если номинальная разность уровней составляет 0 дБ.

Примечание 2 — Если тестовая таблица состоит из отдельных тестовых элементов, разделенных паузами, то паузы в общее время интегрирования не включают. Если тестовый элемент содержится во фразе-носителе, то интегрирование выполняют только во время звучания тестового элемента. В цифровой записи речевого сигнала паузы могут быть удалены редактированием. Допускается проводить измерения по всему периоду времени предъявления тестовых элементов, если известно (измерено) общее время пауз во время предъявления, после чего в результат измерения вносят соответствующую поправку.

4.6.3 Оповещающие сигналы

Оповещающие сигналы могут подаваться, например, в целях повышения внимания испытуемого перед предъявлением речевого сигнала. Уровень оповещающего сигнала может отличаться от уровня речевого сигнала (например, быть выше), чтобы испытуемому при появлении оповещающего сигнала сразу было понятно его назначение.

4.6.4 Конкурирующий звук

Конкурирующий звук применяют для определения заданного показателя (например, разборчивости речи) в испытании с использованием фонового акустического шума при некотором значении отношения сигнал/шум. В ходе испытания должны быть зафиксированы отношения (в децибелах для разности уровней или в безразмерных единицах для амплитуд) всех конкурирующих звуков к сигналам, использованным для калибровки. Номинальный уровень конкурирующего звука равен уровню калибровочного сигнала, когда номинальная разность уровней составляет 0 дБ.

Примечание — По ряду причин разным конкурирующим звукам, для которых номинальная разность уровней равна 0 дБ, могут соответствовать разные значения L_{eq}.

4.7 Фонетическая эквивалентность тестовых таблиц

В каждой из тестовых таблиц распределение фонем должно быть одинаковым.

Примечание — Это не означает равномерность распределения фонем.

Иногда достижение полной фонетической эквивалентности таблиц может оказаться невозможным. В таких случаях эквивалентность тестовых таблиц должна быть обеспечена для классов фонем (звонких и глухих, взрывных и фрикативных согласных, носовых звуков, долгих и кратких гласных).

4.8 Перцептивная эквивалентность тестовых таблиц

Все тестовые таблицы речевого материала должны быть перцептивно эквивалентными, т. е. результат испытания на восприятие речи не должен зависеть от выбора таблицы.

Для всех таблиц артикуляционные кривые должны быть построены таким образом, чтобы обеспечить определение порогового уровня разборчивости. Все артикуляционные кривые, определенные согласно 5.3, должны быть в пределах документированного диапазона [см. 5.5, перечисление k)].

Примечание — Для улучшения перцептивной однородности речевого материала можно использовать методы, указанные в приложении D.

5 Валидация записей речевого материала

5.1 Общие положения

Для валидации записей речевого материала применяют оборудование, удовлетворяющее требованиям МЭК 60645-1. Используют моноауральное прослушивание с применением головного телефона или костного вибратора. При аудиометрии в звуковом поле установка громкоговорителей должна соответствовать назначению речевого материала. В процессе испытаний применяют только полные тестовые таблицы.

5.2 Определение нормальной артикуляционной кривой

Нормальную артикуляционную кривую строят для каждого речевого материала и каждого способа предъявления по результатам испытаний на восприятие речи с участием достаточно большой группы испытуемых (не менее 25 человек), состоящей из лиц с нормальным слухом, чей родной язык тот же, что и язык речевого материала. Рекомендуется применять следующие критерии отбора испытуемых по аудиометрии чистого тона: пороговые уровни прослушивания не должны превышать 10 дБ на частотах 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000 и 8000 Гц. Допускается повышение порогового уровня прослушивания до 15 дБ на некоторых (но не более двух) частотах указанного ряда. Если указанный критерий не выполняется, то минимальные требования к пороговому уровню прослушивания чистого тона испытуемых устанавливает лаборатория, проводящая валидационные испытания.

Примечание 1 — Необходимый минимум лиц, привлекаемых к испытаниям, может быть определен в соответствии с приложением F.

Если объектом испытаний по восприятию речи являются дети, то нормальную артикуляционную кривую получают с использованием достаточно большой группы детей с нормальным слухом того возраста, для которого предназначен речевой материал.

При построении нормальной артикуляционной кривой проводят испытание с разными уровнями предъявления речевого сигнала (или с разными значениями отношения сигнал/шум в случае восприятия речи в присутствии конкурирующего звука) в условиях нормального предъявления речевых стимулов (например, предложений, если испытание предполагает воспроизведение предложений). Результаты восприятия каждого отдельного тестового элемента оценивают и анализируют независимо (например, по каждому слову предложения).

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях отсутствия шума, то нормальную артикуляционную кривую определяют в таких же условиях.

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях конкурирующего звука, то нормальную артикуляционную кривую определяют в условиях действия такого же звука. Если конкурирующий звук может быть разных видов, то нормальную артикуляционную кривую получают для каждого вида конкурирующего звука.

Нормальная артикуляционная кривая речи должна быть представлена в виде таблицы значений уровня речевого сигнала (или отношения сигнал/шум), соответствующих разным значениям показателя разборчивости. Уровни речевого сигнала (отношения сигнал/шум) должны быть определены для следующих значений показателя разборчивости: 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % и 90 %. Обычно в ходе испытаний предъявляют речевые сигналы заданных уровней (с заданными значениями отношения сигнал/шум), что не позволяет сразу сопоставить заданному показателю разборчивости соответствующий уровень сигнала. Лаборатория должна определить, каким образом она будет обрабатывать полученные данные для построения нормальной артикуляционной кривой. Один из способов состоит в определении выборочной медианы показателя разборчивости для каждого уровня предъявления речевого сигнала (отношения сигнал/шум) с последующей подгонкой нормальной артикуляционной кривой под значения медиан. В этом случае должны быть указаны вид и параметры функции, используемой для подгонки.

В случае затруднений в определении нормальной артикуляционной кривой во всем диапазоне изменений показателя разборчивости (от 0 % до 100 %), ее определяют в некотором ограниченном диапазоне, представляющем интерес для исследований. Так, если целью испытаний является определение пороговых уровней разборчивости, то нормальную артикуляционную кривую строят в диапазоне, включающем в себя этот пороговый уровень, с использованием достаточного числа измерений. Если же целью испытаний является определение уровня максимальной разборчивости, то нормальная артикуляционная кривая должна быть построена в диапазоне значений показателя разборчивости от 50 % (или менее) до почти 100 %.

Примечание 2 — Типичные результаты испытаний приведены в приложении С.

5.3 Определение перцептивной эквивалентности тестовых таблиц

Перцептивная эквивалентность тестовых таблиц речевого материала, соответствующая требованиям 4.8, должна быть оценена в ходе выполнения испытаний на восприятие речи с участием достаточно большой группы лиц с нормальным слухом согласно 5.2.

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях отсутствия шума, то перцептивную эквивалентность тестовых таблиц определяют в таких же условиях.

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях конкурирующего звука, то перцептивную эквивалентность тестовых таблиц определяют в условиях действия такого же звука. Если конкурирующий звук может быть разных видов, то оценивание выполняют для каждого вида конкурирующего звука.

При большом разбросе результатов распознавания (что характерно, например, для испытаний с участием детей) для достоверного определения перцептивной эквивалентности тестовых таблиц может потребоваться увеличение числа испытуемых.

Если целью испытаний на восприятие речи является определение пороговых уровней разборчивости, то перцептивную эквивалентность тестовых таблиц определяют по результатам оценки пороговых уровней разборчивости для разных тестовых таблиц и одной и той же группы испытуемых. Если же целью испытаний является определение уровня максимальной разборчивости, то перцептивную эквивалентность тестовых таблиц определяют для значений показателя разборчивости 50 %, 60 %, 70 %, 80 % и 90 % для разных тестовых таблиц и одной и той же группы испытуемых.

5.4 Определение повторяемости результатов испытаний

Повторяемость результатов испытаний на восприятие речи оценивают через 95 %-ный доверительный интервал для отклонений показателя разборчивости, полученного при повторном испытании, от исходного значения показателя для данного испытуемого. Обычно для повторных испытаний используют другие тестовые таблицы, поскольку испытуемый может запомнить свою реакцию на первое предъявление и это может исказить его реакцию на повторное предъявление той же тестовой таблицы.

Поскольку 95 %-ный доверительный интервал для отклонений показателя разборчивости зависит от исходного значения показателя, проверку повторяемости выполняют для разных значений показателя разборчивости, используя для этого достаточно большую группу лиц с нормальным слухом согласно 5.2.

Примечание — Необходимый минимум лиц, привлекаемых к испытаниям, может быть определен в соответствии с приложением F.

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях отсутствия шума, то повторяемость результатов распознавания оценивают в таких же условиях.

Если испытания на восприятие речи должны быть проведены в условиях конкурирующего звука, то повторяемость результатов распознавания оценивают в условиях действия такого же звука. Если конкурирующий звук может быть разных видов, то оценивание выполняют для каждого вида конкурирующего звука.

Если тестовые таблицы перцептивно эквивалентны и если каждому тестовому элементу в тестовых таблицах соответствует один и тот же показатель разборчивости, то 95 %-ный доверительный интервал может быть оценен теоретически с использованием приложения G.

5.5 Сопроводительная документация

Каждая запись речевого материала должна включать в себя или сопровождаться документацией, содержащей следующие сведения:

a) содержание записанного речевого материала (например, в виде указателя тестовых элементов и структуры текста);

b) способ или способы оценивания разборчивости речи (например, по предложениям, словам, ключевым словам или фонемам);

c) нормальные артикуляционные кривые по 5.2 для каждого способа оценивания с указанием осей координат и описанием условий, в которых они были получены (число испытуемых, их возрастной диапазон и диапазон пороговых уровней прослушивания, использованное оборудование для речевой аудиометрии и, при необходимости, расположение громкоговорителей для создания конкурирующего звука);

d) повторяемость результатов распознавания по 5.4;

e) усредненный частотный спектр речевого сигнала для данного речевого материала;

f) разности уровней для всех сигналов по 4.2 и 4.6;

g) интервалы времени между последовательными тестовыми элементами;

h) временные и частотные характеристики, а также уровни всех конкурирующих звуков;

i) если конкурирующий звук предъявляют в некотором временном окне (см. В.4), расположение этого окна на интервале предъявления речевого сигнала;

j) распределение фонем в речевом материале;

k) эквивалентность тестовых таблиц (см. 4.8).

6 Требования к речевой аудиометрии

6.1 Требования к оборудованию

Аудиометрические испытания проводят с использованием оборудования, удовлетворяющего требованиям МЭК 60645-1, с применением головных телефонов для моноаурального или бинаурального прослушивания, костного вибратора или в звуковом поле.

6.2 Требования к звуковому полю помещения для речевой аудиометрии

Звуковое поле в помещении для речевой аудиометрии не должно маскировать предъявляемые речевые сигналы. Требования к звуковому полю в помещении зависят от способа предъявления речевых сигналов (через головной телефон, костный вибратор или громкоговоритель).

Примечание — Требования к фоновому шуму при речевой аудиометрии могут быть ниже тех, что предъявляются при тональной пороговой аудиометрии. Если помещение признано пригодным для проведения тональной пороговой аудиометрии в заданном диапазоне уровней прослушивания, то его можно также использовать для речевой аудиометрии с использованием того же способа предъявления стимула в том же диапазоне уровней прослушивания. Максимально допустимые значения уровней звукового давления фонового шума в испытательном помещении в диапазоне частот от 125 до 8000 Гц установлены ИСО 8253-1 для испытаний с использованием телефонов и костных вибраторов и в ИСО 8253-2 для испытаний в звуковом поле.

6.3 Речевая аудиометрия в звуковом поле

Речевая аудиометрия в звуковом поле может быть выполнена в вариантах с использованием и без использования конкурирующего звука.

Рекомендуется располагать громкоговоритель перед слушателем таким образом, чтобы угол падения звуковой волны составлял 0°. Если результаты испытаний с участием конкретного испытуемого предполагается сравнивать с нормальным пороговым уровнем разборчивости или с нормальной артикуляционной кривой, то положение громкоговорителя должно быть таким же, как и при получении указанных характеристик.

Тип создаваемого звукового поля по ИСО 8253-2 (свободное, диффузное, квазисвободное) по крайней мере в диапазоне частот от 500 Гц до 4 кГц указывают в протоколе испытаний.

7 Подготовка и инструктаж испытуемого

7.1 Общие положения

Предполагается, что речевой аудиометрии, как правило, должна предшествовать тональная аудиометрия.

7.2 Подготовка испытуемого

Если испытуемый недавно подвергался воздействию сильного акустического шума, это могло вызвать у него кратковременное повышение пороговых уровней прослушивания. Поэтому перед проведением аудиометрических испытаний таких воздействий следует избегать, а если это невозможно, то о них сообщают в протоколе испытаний. Для предотвращения ошибок, связанных с чрезмерным физическим напряжением испытуемого, последний должен прибыть на место испытаний не менее чем за пять минут до их начала.

Как правило, аудиометрическим испытаниям предшествует отоскопическое обследование, проводимое квалифицированным специалистом. Если в его ходе будут обнаружены серные пробки в слуховых каналах, то их следует удалить, а начало аудиометрических испытаний — отложить. При обследо-

вании проверяют также возможное сужение наружного слухового прохода и в случае его обнаружения принимают решение о последующих действиях.

Примечание — К специалисту, отвечающему за подготовку испытуемого, также могут предъявляться квалификационные требования, установленные соответствующим национальным органом или иной организацией.

Перед проведением испытаний следует проверить способность испытуемого понимать тестовый материал. Если реакция испытуемого на предъявление тестового материала должна быть речевой, то следует убедиться в способности испытуемого воспроизводить такую реакцию.

7.3 Инструктаж испытуемого

Для получения объективных результатов испытаний важно проинструктировать испытуемого о целях и порядке проведения испытаний, чтобы формулировка предъявляемых ему требований исключала неоднозначность их толкования и была ему ясна.

Инструктаж проводят на языке, хорошо понятном испытуемому. Инструктаж зависит от вида испытания на восприятие речи и, как правило, включает в себя следующие сведения и указания:

a) порядок обследования ушей испытуемого;

b) тип тестовых элементов и ожидаемая реакция на их предъявление;

c) требование к испытуемому проявлять реакцию, как только каким-либо ухом будет услышан пусть даже очень слабый речевой сигнал;

d) требование к испытуемому реагировать на тестовый элемент сразу же, как только тот был услышан;

e) если реакция должна быть речевой, требование четко повторить услышанный тестовый элемент даже в том случае, если испытуемый не уверен в правильности его распознавания. Предъявление тестового элемента должно сопровождаться только одной реакцией испытуемого.

Испытуемый должен быть проинформирован о необходимости не совершать лишних движений во избежание создания посторонних шумов. После проведения инструктажа необходимо убедиться в том, что все сказанное испытуемому было им правильно понято. Если у испытуемого остались какие-либо неясности или сомнения, инструктаж следует повторить. Испытуемому следует сообщить о том, что тот может прервать испытания в случае ощущения какого-либо дискомфорта.

8 Виды реакций испытуемого

Испытания с предъявлением речевого материала могут быть проведены в открытой или закрытой форме тестирования. В первом случае испытуемому не сообщают возможные варианты ответа, во втором — он выбирает из нескольких возможных вариантов. В большинстве аудиометрических испытаний испытуемому предлагают реагировать на предъявляемые тестовые элементы в речевой форме, но допускается также реакция в письменном виде, с использованием устройств для работы с компьютером (мышь, клавиатура) или картинок. Если специалист, проводящий испытания (далее — аудиометрист), и испытуемый находятся в разных помещениях и если по условиям проведения испытаний испытуемый должен выражать свою реакцию голосом, то общение между аудиометристом и испытуемым осуществляется через переговорное устройство (см. МЭК 60645-1).

Речевая реакция испытуемого должна быть четкой и понятной аудиометристу. Если добиться этого не удается, то используют реакции других видов. Аудиометрист должен быть знаком с языком, на котором проводится испытание, и иметь хороший слух, достаточный для понимания ответов испытуемого.

Примечание — Если аудиометрист сомневается в своей способности правильно понимать реакцию испытуемого, то перед проведением испытания рекомендуется выполнить следующую процедуру. Испытуемого просят громко вслух прочитать последовательно предъявляемые аудиометристом отрывки текста, состоящие из одного или нескольких предложений. После этого аудиометрист оценивает, насколько то, что он слышал, совпадает с тем, что должен был прочитать испытуемый [см. раздел 15, перечисление h)].

Должны быть определены интервалы между предъявлениями тестовых элементов. Эти интервалы выбирают с учетом вида тестового материала, цели испытаний и вида реакции испытуемого.

От выбора интервалов может зависеть полученное в испытании значение показателя разборчивости. Чтобы иметь возможность сопоставлять результаты испытания с нормальным пороговым уровнем разборчивости и нормальной артикуляционной кривой для данного речевого материала, рекомендуется в испытании использовать те же интервалы, что и при получении указанных характеристик.

9 Определение порогового уровня различения речи

9.1 В настоящем разделе рассматривается один из возможных вариантов определения порогового уровня различения. Если используется другая процедура, она должна быть описана в документации на испытания.

9.2 При моноауральном прослушивании испытания начинают с уха, обладающего большей чувствительностью.

9.3 Пороговый уровень различения целесообразно определять с использованием слитной речи в качестве речевого сигнала. Тестовыми элементами могут быть фрагменты речи длительностью от 1 до 2 с, прерываемые инструментально. Для предъявления первого тестового элемента уровень речевого сигнала выбирают достаточно высоким (например, на 30 дБ выше порогового уровня прослушивания чистого тона для данного испытуемого, усредненного по частотам 500, 1000 и 2000 Гц), чтобы заведомо обеспечить реакцию испытуемого на слышимый им сигнал.

9.4 Последовательно уменьшают уровень речевого сигнала с шагом 20 дБ до тех пор, пока не прекратится поступление ответов от испытуемого.

9.5 Последовательно с шагом 5 дБ повышают уровень речевого сигнала с предъявлением на каждом уровне одного тестового элемента до тех пор, пока не начнут поступать ответы от испытуемого.

9.6 Фиксируют уровень, на котором начали поступать ответы, уменьшают его на 10 дБ и снова начинают серию последовательных повышений уровня с шагом 5 дБ до тех пор, пока снова не появится реакция испытуемого.

9.7 Процедуру, описанную в 9.6, повторяют до тех пор, пока не будет зафиксировано три одинаковых уровня начала поступления ответов в не более чем пяти сериях последовательных повышений. Зафиксированное значение принимают за пороговый уровень различения.

9.8 Если в пяти сериях предъявления речевого сигнала по восходящему ряду уровней ни для одного уровня не будут получены три реакции испытуемого, то в качестве нового начального отсчета предъявляют сигнал с уровнем на 10 дБ выше уровня, соответствующего последней реакции. После этого всю процедуру повторяют заново в соответствии с 9.5—9.7.

9.9 При необходимости процедуру повторяют для другого уха.

9.10 Приблизительно те же результаты получают при сокращенном варианте метода восходящих рядов, в котором для трех серий испытаний необходимо получить две реакции на одном и том же уровне предъявленного речевого сигнала. В ряде случаев применение сокращенного варианта можно считать допустимым.

10 Определение порогового уровня разборчивости речи

10.1 В настоящем разделе рассматривается один из возможных вариантов определения порогового уровня разборчивости с использованием адаптивной процедуры, основанной на определении уровня речевого сигнала, при котором правильно определяются 50 % тестовых элементов.

Примечание 1 — Оценка реакции испытуемого: «правильно определен» или «дан правильный ответ» — зависит от формы испытания (см. пример в 10.6).

Если используется другая процедура, то она должна быть описана в документации на испытания.

Нормальная артикуляционная кривая, так же как и подтверждение повторяемости метода с применением данного речевого материала, должны быть получены с участием достаточного числа лиц с нормальным слухом, как указано в 5.2.

Тестовая таблица должна содержать достаточное число тестовых элементов, позволяющее выполнить адаптацию к пороговому уровню разборчивости.

Примечание 2 — Обычно 20 тестовых элементов в таблице считают достаточным.

10.2 При моноауральном прослушивании испытания начинают с уха, обладающего большей чувствительностью.

10.3 Испытуемого знакомят с поставленной перед ним задачей реагирования на тестовые элементы, предъявляя некоторые из них на уровне, достаточном для их отчетливого восприятия. Обычно для этого используют уровень прослушивания на 20 или 30 дБ выше порогового уровня прослушивания чистого тона для данного испытуемого, усредненного по частотам 500, 1000 и 2000 Гц.

10.4 Уменьшают уровень речевого сигнала с шагом 5 дБ, предъявляя при этом на каждом шаге один тестовый элемент, до тех пор, пока испытуемый не ошибется в определении предъявленного элемента.

10.5 Повышают уровень речевого сигнала на 5 дБ с предъявлением одного тестового элемента.

10.6 Далее испытания продолжают в соответствии с 10.7.1—10.7.3, если в качестве тестового элемента выступает отдельное слово или предложение, и 10.8.1—10.8.3, если показатель разборчивости определяют при правильном определении ключевого слова в предложении.

10.7.1 Если испытуемый способен правильно повторить предъявленное слово (предложение), то уровень речевого сигнала понижают на 2 дБ, а если нет — повышают на 2 дБ. Предъявляют новый тестовый элемент.

10.7.2 Повторяют 10.7.1, пока не будут исчерпаны все тестовые элементы в тестовой таблице.

10.7.3 Отбрасывают тестовый элемент по 10.5 и следующий за ним, а по всем остальным тестовым элементам из тестовой таблицы выполняют усреднение уровней предъявленных речевых сигналов, включая уровень, на котором сигнал был бы предъявлен, если бы в таблице был еще один тестовый элемент. Полученное среднее значение принимают за пороговый уровень разборчивости.

10.8.1 Предъявляют следующие пять предложений. Если испытуемый способен правильно повторить более половины ключевых слов, то понижают уровень речевого сигнала на 2 дБ, если менее половины — увеличивают уровень на 2 дБ. Если правильно повторена ровно половина ключевых слов, то уровень оставляют прежним и предъявляют следующее предложение.

10.8.2 Для оставшихся тестовых предложений руководствуются следующим правилом. Если испытуемый способен правильно повторить более половины ключевых слов, то понижают уровень речевого сигнала на 1 дБ, если менее половины — увеличивают уровень на 1 дБ. Если правильно повторена ровно половина ключевых слов, то уровень оставляют прежним и предъявляют следующее предложение.

10.8.3 Отбрасывают уровни речевого сигнала для тестового элемента по 10.5 и следующего за ним, а по всем остальным предложениям из тестовой таблицы выполняют усреднение уровней предъявленных речевых сигналов, включая уровень, на котором сигнал был бы предъявлен, если бы в таблице был еще один тестовый элемент. Полученное среднее значение принимают за пороговый уровень разборчивости.

11 Определение показателя разборчивости

Если требуется определить показатель разборчивости на более чем одном уровне речевого сигнала (например, чтобы построить артикуляционную кривую), то испытания проводят так, чтобы в рамках одной сессии тестовые элементы предъявлялись без повторения. Оценивание осуществляют по результатам предъявления всей тестовой таблицы.

Если перед испытанием данного вида определение порогового уровня разборчивости не выполнялось, то испытуемого знакомят с поставленной перед ним задачей реагирования на тестовые элементы, предъявляя некоторые из них на уровне, достаточном для их отчетливого восприятия. Обычно для этого используют уровень прослушивания на 20—30 дБ выше порогового уровня прослушивания чистого тона для данного испытуемого, усредненного по частотам 500, 1000 и 2000 Гц.

Настраивают аудиометрическое оборудование на заданный уровень речевого сигнала и на каждом уровне предъявляют испытуемому для распознавания полную тестовую таблицу.

Ниже приведены примеры выбора уровня речевого сигнала в зависимости от конкретных целей испытаний (если используется другая процедура выбора, то она должна быть описана в документации на испытания):

a) определение максимального показателя разборчивости речи. В этом случае первое значение показателя разборчивости обычно определяют на уровне на 25—30 дБ выше порогового уровня разборчивости. После этого уровень повышают с шагом 5 или 10 дБ до тех пор, пока не будет получено максимальное значение показателя или пока испытуемый не сообщит о чувстве дискомфорта или усталости. Если с повышением уровня значение показателя начинает понижаться, то испытания продолжают на более низких уровнях, чем те, на которых проявляется данный эффект;

b) определение показателя разборчивости на наиболее комфортном уровне громкости речевого сигнала. В этом случае уровень речевого сигнала выбирают в ходе непрерывного предъявления речевого сигнал того же типа, что будет использован в испытании для определения показателя разборчивости. Испытуемый должен сообщать о своем субъективном восприятии громкости предъявляемого

сигнала (например, в терминах «чересчур тихо», «нормально», «слишком громко», «чересчур громко»). Часто среднее между уровнями, соответствующими реакции «слишком тихо» и «слишком громко», является хорошим начальным приближением уровня комфортного восприятия речи;

с) определение уровня половины максимальной разборчивости речи. В этом случае вначале определяют максимальный показатель разборчивости. Затем уменьшают уровень последовательно с шагом 5 или 10 дБ, предъявляя на каждом уровне полную тестовую таблицу, до тех пор, пока на одном из уровней не будет получено значение показателя разборчивости больше половины максимального, а на следующем — меньше половины максимального. Последние два уровня используют для линейной интерполяции зависимости показателя разборчивости от уровня речевого сигнала, определяют точку пересечения интерполяционной прямой с уровнем показателя разборчивости, равным 50 %, округляют значение уровня речевого сигнала в этой точке до ближайшего целого (в дБ) и принимают полученное значение за уровень половины максимальной разборчивости речи.

Полученное значение показателя разборчивости выражают в процентах и регистрируют вместе с уровнем речевого сигнала, для которого оно было получено.

12 Маскирование контралатерального уха

Чтобы во время моноауральной речевой аудиометрии предотвратить прослушивание предъявляемого сигнала контралатеральным ухом, на это ухо может быть подан посредством воздушного звукопроведения маскирующий шум. Условия подачи одного из видов маскирующего шума установлены МЭК 60645-1. Эффективный уровень применяемого маскирующего шума с определенным частотным составом и заданным уровнем звукового давления зависит от характеристик речевого сигнала и используемого преобразователя, поэтому его значение для разных речевых сигналов будет разным.

Маскирование используют в испытаниях на воздушную проводимость, если уровень речевого сигнала, выраженный как уровень прослушивания, превышает на 40 дБ и более средний пороговый уровень прослушивания по костной проводимости для двух частот из ряда 500, 1000 и 2000 Гц, для которых пороговый уровень прослушивания для контралатерального уха ниже.

Минимальный уровень маскирующего шума L_M, дБ, выраженный как эффективный уровень маскирующего шума, определяют по формуле

$$L_M = L_t - 40 + (L_{A\,min} - L_{B\,min}), \quad (1)$$

где L_t — уровень речевого сигнала, выраженный как уровень прослушивания, дБ;

$L_{A\,min}$ — определенный в ходе тональной аудиометрии и выраженный через уровень прослушивания средний пороговый уровень по воздушной проводимости для двух частот из ряда 500, 1000 и 2000 Гц, для которых пороговый уровень прослушивания для контралатерального уха ниже, дБ;

$L_{B\,min}$ — определенный в ходе тональной аудиометрии и выраженный через уровень прослушивания средний пороговый уровень по костной проводимости для двух частот из ряда 500, 1000 и 2000 Гц, для которых пороговый уровень прослушивания для контралатерального уха ниже, дБ.

В некоторых случаях уровень маскирующего шума должен быть повышен для обеспечения надежного маскирования по контралатеральному уху.

13 Речевая аудиометрия с конкурирующим звуком

13.1 Типы конкурирующего звука

В качестве конкурирующего звука может быть использован немодулированный случайный шум с заданной спектральной плотностью мощности по МЭК 60645-1. Если используется какой-либо другой вид конкурирующего звука, то его характеристики должны быть определены.

Примечание 1 — Примеры конкурирующих звуков приведены в приложении В.

Примечание 2 — В качестве конкурирующего звука может быть использована человеческая речь, например в виде шума голосов на вечеринке или слитная речь одного говорящего человека. Однако при использовании конкурирующего звука такого вида ожидается больший разброс результатов испытаний, чем при использовании случайного шума с заданной спектральной плотностью мощности.

13.2 Предъявление конкурирующего звука

Если испытания проводят с использованием головных телефонов, то конкурирующий звук предъявляют через тот же телефон, что и тестовый речевой сигнал. В случае проведения аудиометрии в звуковом поле следует задать расположение всех громкоговорителей. Рекомендуемое положение громкоговорителя, передающего речевой сигнал, — прямо перед испытуемым, так чтобы угол падения звуковой волны был 0°. На восприятие речи в условиях звукового поля с конкурирующим звуком могут повлиять акустические характеристики испытательного помещения. Чтобы уменьшить это влияние, может потребоваться знание нормальной артикуляционной кривой и нормального порогового уровня, полученных в соответствующих акустических условиях.

13.3 Уровни речевого сигнала и конкурирующего звука

Уровни речевого сигнала и конкурирующего звука должны быть измерены в соответствии с документацией на аудиометрические испытания. Если испытания предполагают проведение измерения только с одним уровнем речевого сигнала, то рекомендуется выбирать его равным 65 дБ, что приблизительно соответствует нормальному речевому общению. Если применяют речевой сигнал с другим уровнем, то его значение должно быть указано. Уровень конкурирующего звука может быть фиксированным или переменным.

Примечание — Если испытуемый плохо слышит конкурирующий звук, то полученные результаты аудиометрических испытаний в условиях фонового шума не считают достоверными.

13.4 Метод испытаний

13.4.1 Общие положения

Целью испытаний может быть как определение показателя разборчивости на одном или нескольких фиксированных уровнях отношения сигнал/шум, так и определение значения отношения сигнал/шум, соответствующего пороговому уровню разборчивости.

13.4.2 Определение показателя разборчивости при заданном отношении сигнал/шум

13.4.2.1 Настраивают аудиометрическое оборудование для воспроизведения заданного уровня речевого сигнала.

13.4.2.2 Знакомят испытуемого с поставленной перед ним задачей реагирования на тестовые элементы, предъявляя некоторые из них на уровне, достаточном для их отчетливого восприятия, при пониженном уровне конкурирующего звука (например, на 20 дБ ниже уровня речевого сигнала).

13.4.2.3 Устанавливают уровень конкурирующего звука, требуемый для проведения испытаний, и предъявляют испытуемому полную тестовую таблицу. По ответам испытуемого определяют показатель разборчивости.

13.4.3 Определение порогового уровня разборчивости в условиях конкурирующего звука

Определение порогового уровня разборчивости в условиях конкурирующего звука может быть выполнено в соответствии с процедурой определения порогового уровня разборчивости речи, описанной в разделе 10, за следующими исключениями:

- в отношении процедуры по 10.3: испытуемого знакомят с поставленной перед ним задачей, устанавливая низкий уровень конкурирующего звука (например, на 20 дБ ниже уровня речевого сигнала) и предъявляя некоторые тестовые элементы на уровне, достаточном для их отчетливого восприятия. Обычно для этого используют уровень прослушивания на 20 или 30 дБ выше порогового уровня прослушивания чистого тона для данного испытуемого, усредненного по частотам 500, 1000 и 2000 Гц;
- на этапах измерений конкурирующий звук предъявляют на слышимом уровне (рекомендуемый уровень — 65 дБ). Рекомендуемое отношение сигнал/шум при первом предъявлении тестового элемента — 0 дБ;
- в отношении процедур по 10.7.3 и 10.8.3: усреднение проводят не по уровням предъявленных речевых сигналов, а по отношениям сигнал/шум во время этих предъявлений.

Если используется другая процедура определения порогового уровня разборчивости в условиях конкурирующего звука, то она должна быть описана в документации на испытания.

Нормальная артикуляционная кривая, так же как и подтверждение повторяемости метода с применением данного речевого материала, должны быть получены с участием достаточного числа лиц с нормальным слухом, как указано в 5.2.

В описанной процедуре понижение уровня речевого сигнала может быть заменено соответствующим повышением уровня конкурирующего звука.

14 Формат речевой аудиограммы

Если результат речевой аудиометрии представляют в графическом виде (речевая аудиограмма), то по оси абсцисс откладывают значения уровня речевого сигнала или отношения сигнал/шум (в децибелах), а по ординат — соответствующие им значения показателя разборчивости (в процентах). Соотношение масштабов осей должно быть следующим: 20 % по оси ординат соответствуют 10 дБ по оси абсцисс. На аудиограмме указывают виды речевого материала и конкурирующего звука, а также пространственное расположение источников речевого сигнала и конкурирующего звука.

На аудиограмме приводят нормальную артикуляционную кривую, полученную для данного речевого материала, с отложенными по обе стороны границами, выраженными через удвоенное стандартное отклонение повторяемости.

Применяемые для графического представления результатов обозначения приведены в приложении С.

15 Неопределенность измерения

На результаты измерения показателя разборчивости методами, установленными настоящим стандартом, могут оказать влияние, в частности, такие факторы, как:

a) применяемое аудиометрическое оборудование;

b) тип звукового преобразователя и способ его крепления к испытуемому;

c) применяемый речевой материал;

d) используемый метод испытаний;

e) акустические условия испытательного помещения (в особенности фоновый шум);

f) квалификация, опыт, диалектные особенности речи, состояние слуха и лексические навыки аудиометриста;

g) способность испытуемого адекватно воспринимать поставленную задачу и давать надежные ответы на предъявленные стимулы;

h) правильность определения реакции испытуемого и подсчета показателя;

i) неоптимальное маскирование контралатерального уха (см. раздел 12);

j) применение неоптимального конкурирующего звука.

Ввиду сложности испытаний данного вида, включающих, в частности, субъективный фактор как со стороны аудиометриста, так и со стороны испытуемого, невозможно дать единую оценку неопределенности измерения для всех применений речевой аудиометрии в соответствии с настоящим стандартом. Однако подробное исследование источников неопределенности позволит получить полезную информацию о степени надежности результатов аудиометрических испытаний и оценить неопределенность измерения для конкретного испытания.

Общие правила оценивания неопределенности измерения установлены в ISO/IEC Guide 98-3. В качестве характеристики неопределенности следует использовать расширенную неопределенность, соответствующую вероятности охвата 95 %. Рекомендации по расчету расширенной неопределенности приведены в приложении Е.

16 Обслуживание и калибровка аудиометрического оборудования

16.1 Общие положения

Достоверные результаты аудиометрических испытаний могут быть получены только при условии применения калиброванных средств измерений. Порядок обслуживания, проверки и калибровки аудиометрического оборудования включает в себя три этапа:

a) этап А — регулярный контроль и проверки функционирования (см. 16.3);

b) этап В — периодические электроакустические испытания;

c) этап С — основные калибровки.

16.2 Регулярный контроль и проверка функционирования

16.2.1 Цель этапа А заключается в том, чтобы убедиться, насколько это возможно, в правильном функционировании оборудования и в отсутствии явных свидетельств изменения его метрологических характеристик. Во время проведения этапа А фоновый шум в помещении должен быть приблизительно таким же, как и при обычном применении оборудования.

Процедуры, выполняемые на этапе А, приведены в 16.2.2—16.2.9.

16.2.2 Выполняют чистку и осмотр аудиометра и всех принадлежностей. Амбушюры, разъемы, соединительные провода проверяют на наличие признаков износа или повреждений. При обнаружении неисправностей соответствующие элементы подлежат замене.

16.2.3 Оборудование включают и прогревают в течение требуемого времени. Если изготовителем не установлен период прогрева, его принимают равным 5 мин. Выполняют все регулировки и настройки оборудования, предписанные изготовителем. Проверяют, если это возможно, соответствие маркировки звуковых преобразователей маркировке аудиометра.

16.2.4 Если речевую аудиометрию проводят в звуковом поле, то проверяют правильность и точность идентификации положения контрольной точки.

16.2.5 Субъективно оценивают выходной сигнал аудиометра, а также то, что фоновый шум типичен и не мешает прослушиванию тихой речи. Желательно, чтобы такое прослушивание всегда выполнялось одним и тем же лицом, обладающим хорошим слухом, проверенным посредством аудиометрических испытаний. Данную проверку выполняют с применением соответствующих выходных звуковых преобразователей.

16.2.6 Прослушивают речевой материал на более высоких уровнях речевого сигнала (например, на уровне прослушивания от 60 до 70 дБ) с применением разных функций аудиометра и всех имеющихся тестовых сигналов. В ходе прослушивания оценивают правильность работы оборудования, в частности, отсутствие искажений сигнала и помех.

16.2.7 Прослушивают сигнал аудиометра на низких уровнях тона для выявления шума, гудения и других нежелательных звуков от оборудования в том месте, где при проведении аудиометрических испытаний должен находиться испытуемый.

16.2.8 Проверяют способность аттенюаторов усиливать сигнал во всем диапазоне измерений.

16.2.9 Проверяют правильность работы переговорного устройства и системы контроля испытаний.

16.3 Периодические инструментальные проверки

В ходе периодических инструментальных проверок проводят измерения и проверку соответствия требованиям стандартов следующих характеристик оборудования:

a) частотной характеристики оборудования вместе с выходными преобразователями — по МЭК 60645-1;

b) выходного уровня звукового преобразователя — по МЭК 60645-1;

c) шагов изменения уровня сигнала аттенюаторами (в значимой части диапазона измерения) — по МЭК 60645-1;

d) коэффициента гармоник — по МЭК 60645-1;

e) уровней маскирующего шума — по МЭК 60645-1;

f) прижимной силы оголовья телефонов.

Перед проведением инструментальных проверок выполняют процедуры контроля этапа А.

16.4 Основные калибровки

Основные калибровки проводят с целью подтверждения того, что аудиометрическое оборудование, звуковое поле и, при необходимости, уровень фонового шума удовлетворяют требованиям МЭК 60645-1 и настоящего стандарта.

16.5 Временные интервалы между проверками

В настоящем разделе приведены примерные временные интервалы между проверками, которые рекомендуется соблюдать, пока опыт работы с аудиометрическим оборудованием не покажет целесообразность их изменения.

Рекомендуется проверки этапа А выполнять каждый раз за день до применения оборудования. Измерения уровней звукового давления в контрольных точках звукового поля рекомендуется повторять

с интервалом не менее трех месяцев, а также каждый раз, когда в средство измерений внесено какое-либо изменение (например, изменено взаимное расположение его частей). Периодический инструментальный контроль (этап В) рекомендуется осуществлять с интервалом от трех до шести месяцев. При условии соблюдения рекомендаций и сроков в отношении проверок по этапу А и с учетом накопленного опыта работы с конкретным оборудованием в конкретных условиях его применения допускается указанный интервал увеличить, но желательно, чтобы он не превышал 12 месяцев.

При соблюдении рекомендаций для этапов А и В в проведении регулярных калибровок аудиометрического оборудования (этап С) необходимости нет. Калибровки необходимы только в случае серьезных повреждений оборудования, при выявлении ошибок в его работе или когда после долгого периода эксплуатации появились сомнения в том, что характеристики оборудования продолжают оставаться в пределах допуска. Рекомендуется проводить калибровку оборудования после каждых пяти лет его эксплуатации.

Приложение А
(справочное)

Примеры речевых материалов

А.1 Общие положения

Речевые материалы, используемые в аудиометрических испытаниях, можно разделить по классам. В настоящем приложении приведены некоторые типичные речевые материалы разных классов. Ввиду большого числа таких материалов дать их полный перечень не представляется возможным.

А.2 Материалы открытой формы тестирования

Примеры таких материалов приведены в [13]—[16] и [31].

А.3 Материалы закрытой формы тестирования

Примеры таких материалов приведены в [17]—[19] и [30].

А.4 Тест на воспроизведение предложений открытой формы

Примеры таких материалов приведены в [20]—[25] и [28].

А.5 Тест на воспроизведение предложений закрытой формы

Примеры таких материалов приведены в [26]—[28].

Приложение В
(справочное)

Примеры конкурирующих звуков

В.1 Общие положения

Если образцовая запись должна содержать конкурирующий звук, то рекомендуется использовать виды звуков, указанные в настоящем приложении.

В.2 Немодулированный шум

Данный вид конкурирующего звука не содержит или содержит в незначительной степени составляющие с амплитудной модуляцией. Часто спектральная плотность мощности такого шума представляет собой усредненную на большом временном интервале спектральную плотность мощности речевого сигнала, используемого в испытаниях на восприятие речи. Обычно применение конкурирующего звука данного вида обеспечивает хорошую повторяемость определения пороговых уровней разборчивости. Однако разность между пороговыми уровнями разборчивости для лиц с разной степенью потери слуха будет относительно невелика. Типичные примеры такого шума приведены в [9] и [32] (последний получен с применением усреднения спектральной плотности сигналов речи на разных языках).

В.3 Модулированный шум

Данный вид шума содержит амплитудную модуляцию и по восприятию похож на речь одного человека или беседу группы из нескольких людей. Пример такого шума, полученного на основе усреднения спектральной плотности сигналов речи и использования временной структуры речи говорящего человека, приведен в [32]. В этом шуме амплитудные модуляции независимы и разнесены по трем частотным каналам. В модифицированной версии этого шума была изменена структура речи (паузы были ограничены 250 мс). Обычно конкурирующий звук данного вида обеспечивает большую разность между пороговыми уровнями разборчивости для лиц с разной степенью потери слуха по сравнению с немодулированным шумом. Другой пример модулированного шума приведен в [34]. В нем использована одинаковая амплитудная модуляция для всех частотных составляющих сигнала.

В.4 Многоголосый шум

Данный вид шума представляет собой наложение речей одного или нескольких лиц. Он может иметь разные степени модуляции и разный маскирующий эффект.

Подобный вид конкурирующего звука может быть получен разными способами обработки речи (запись речи в обратном направлении, ускоренная речь, совмещение речей нескольких лиц и т.д.).

Способ представления конкурирующего звука данного вида также может быть разным. Если используется техника временного окна, то некоторый период в начале и в конце окна (например, 500 мс) содержит запись шума, между которым находится запись речи. Другая модификация предполагает непрерывное применение многоголосого шума в ходе испытания.

Поскольку разные виды многоголосого шума дают разные нормальные уровни разборчивости и разные показатели повторяемости результатов испытания, на речевой аудиограмме должно быть указано, какой вид шума применен (см. раздел 14).

Приложение С
(справочное)

Типичные результаты речевой аудиометрии

С.1 Типичная нормальная артикуляционная кривая

В качестве примера приведены данные испытаний, описанные в [21]. Речевой материал содержал 20 тестовых таблиц, по 10 тестовых предложений в каждой. Группа испытуемых состояла из 12 лиц с нормальным слухом. Показатель разборчивости R в диапазоне от 0 % до 100 % был аппроксимирован формулой

$$R = \frac{100}{1+\exp\left[0{,}04 \cdot S\left(L_{50} - L\right)\right]}, \qquad (C.1)$$

где L — уровень речевого сигнала (в отсутствие конкурирующего звука) или отношение сигнал/шум (при наличии конкурирующего звука), дБ;

L_{50} — пороговый уровень разборчивости (50 % правильных ответов), дБ.

Примечание — В испытании без конкурирующего звука L_{50} = 20 дБ. В испытании с конкурирующим звуком в виде немодулированного шума L_{50} = –6 дБ (пороговое отношение сигнал/шум);

S — наклон артикуляционной кривой в точке $L = L_{50}$, %/дБ, который равен:

S_S = 11 %/дБ для испытания без конкурирующего звука;

S_N = 19 %/дБ для испытания с конкурирующим звуком.

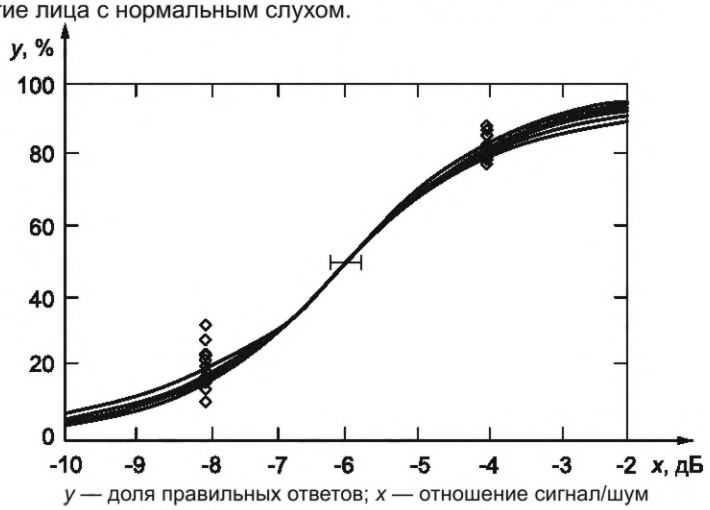
На рисунке С.1 показана типичная нормальная артикуляционная кривая, полученная для речевого материала данного вида в условиях конкурирующего звука.

С.2 Типичные пороговые уровни разборчивости

В таблице С.1 приведены типичные пороговые уровни разборчивости, полученные в испытаниях на восприятие речи с применением разных речевых материалов, указанных в приложении А, в которых принимали участие лица с нормальным слухом.

С.3 Типичные показатели повторяемости

В таблице С.2 приведены типичные показатели повторяемости (доверительные интервалы по 5.4), полученные в испытаниях на восприятие речи с применением разных речевых материалов, указанных в приложении А, в которых принимали участие лица с нормальным слухом.



y — доля правильных ответов; *x* — отношение сигнал/шум

Примечание — Значки «◊» показывают разброс усредненных по 20 испытуемых значений показателя разборчивости для разных перцептивно эквивалентных тестовых таблиц для значений отношения сигнал/шум, равных минус 8 дБ и минус 4 дБ. Отрезок на кривой в точке, где отношение сигнал/шум равно минус 6 дБ, показывает стандартное отклонение для порогового уровня разборчивости.

Рисунок С.1 — Типичная нормальная артикуляционная кривая, полученная в испытании по [21] с конкурирующим звуком

Таблица С.1 — Типичные пороговые уровни разборчивости

Тип испытания	Ссылка	Элементы для оценки показателя	Пороговый уровень разборчивости
Открытой формы с предъявлением предложений без шума	[21]	Слова	20 дБ
Открытой формы с предъявлением предложений в шуме	[21]	Слова	SNR: −6 дБ
Открытой формы с предъявлением предложений в шуме	[20]	Слова	SNR: −5 дБ
Открытой формы с предъявлением предложений в шуме	[20]	Полные предложения	SNR: −3 дБ
Открытой формы с предъявлением предложений в шуме	[24]	Полные предложения	SNR: −6 дБ
Открытой формы с предъявлением предложений в шуме	[23]	Полные предложения	SNR: −3 дБ
Открытой формы с предъявлением слов без фонового шума	[14]	Слова	28 дБ
Открытой формы с предъявлением слов без фонового шума	[31]	Слова	23 дБ
Открытой формы с предъявлением слов без фонового шума	[14]	Фонемы	24 дБ
Закрытой формы с предъявлением предложений в шуме	[28]	Слова	SNR: −8 дБ
Примечание — Во всех испытаниях с применением конкурирующего звука (в правом столбце таблицы отмечены обозначением «SNR») в качестве такового использовался случайный шум с заданной формой спектральной плотности мощности.			

Таблица С.2 — Типичные значения показателя повторяемости

Тип испытания	Ссылка	Элементы для оценки показателя	Показатель повторяемости для порогового уровня разборчивости, дБ, и показателя разборчивости, %
Открытой формы с предъявлением 10 предложений без шума	[21]	Слова	2 дБ
Открытой формы с предъявлением 10 предложений в шуме	[20]	Полные предложения	0,9 дБ
Открытой формы с предъявлением 10 предложений в шуме	[22]	Полные предложения	1,2 дБ
Открытой формы с предъявлением 50 слов без шума	[14]	Слова	10 %
Открытой формы с предъявлением 50 слов без шума	[14]	Фонемы	8 %
Закрытой формы с предъявлением 20 предложений в шуме	[28]	Слова	1 дБ

С.4 Речевые аудиограммы

Результаты оценки показателя разборчивости речи могут быть приведены в виде речевой аудиограммы (см. раздел 14). При этом при составлении аудиограммы рекомендуется использовать графические символы, приведенные в таблице С.3.

Таблица С.3 — Символы, применяемые при графическом представлении результатов речевой аудиометрии

Условия испытаний	Правое ухо	Бинауральное тестирование	Левое ухо
Аудиометрия без конкурирующего звука		B	

Окончание таблицы С.3

Условия испытаний	Правое ухо	Бинауральное тестирование	Левое ухо
Аудиометрия с маскированием контралатерального уха			
Аудиометрия с конкурирующим звуком			
Аудиометрия с конкурирующим звуком и маскированием контралатерального уха			
Аудиометрия в звуковом поле с конкурирующим звуком без слухового аппарата			
Аудиометрия в звуковом поле с конкурирующим звуком с применением слухового аппарата (устройство 1)			
Аудиометрия в звуковом поле с конкурирующим звуком с применением другого слухового аппарата (устройство 2)			
Аудиометрия в звуковом поле с конкурирующим звуком с применением слухового аппарата (устройство 2) с индикацией речевого материала («a», «b», «c» и т. д.)			

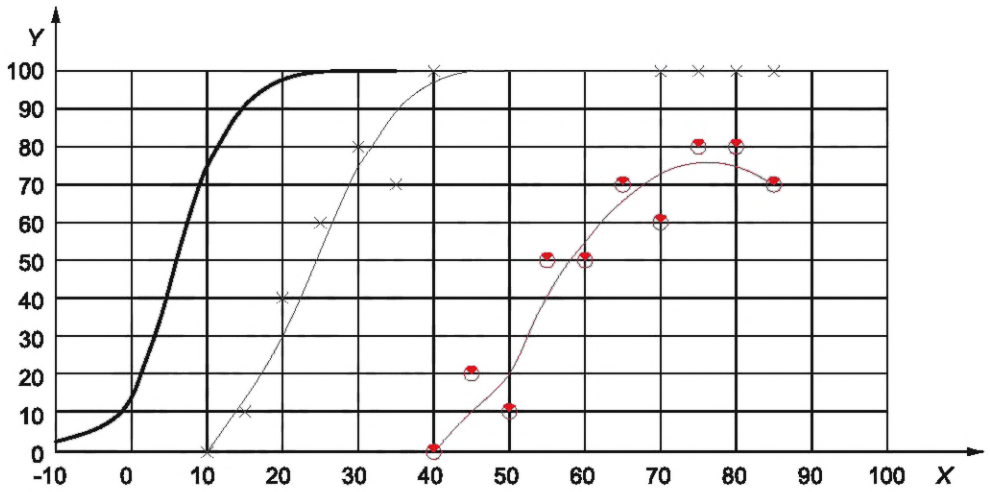
Основные символы для моноаурального прослушивания правым и левым ухом, а также бинаурального прослушивания основаны на символах по ИСО 8253-2, используемых для оценки показателя разборчивости речи. Символ бинаурального прослушивания с применением головных телефонов используют для любого прослушивания данного вида (диотического или дихотического). Моноауральное прослушивание предполагает принятие соответствующих мер для исключения прослушивания контралатеральным ухом.

По сравнению с символами по ИСО 8253-2 в символы таблицы С.3 добавлены следующие модификации:

- закрашенный треугольник вверху символа свидетельствует о проведении измерений с маскированием контралатерального уха (для бинаурального прослушивания не применяется);
- горизонтальная линия внизу символа свидетельствует о проведении измерений в условиях конкурирующего звука;
- горизонтальная линия вверху символа свидетельствует о проведении измерений в звуковом поле;
- ромб, описывающий символ, свидетельствует о проведении измерений со слуховым аппаратом. Если в испытаниях использовано более одного слухового аппарата, то номер устройства, начиная со второго, указан в правой части символа;
- буква в левой части символа несет дополнительную информацию, например об использованном в испытаниях речевом материале. В этом случае на аудиограмме должна быть приведена расшифровка, чему соответствует та или иная буква.

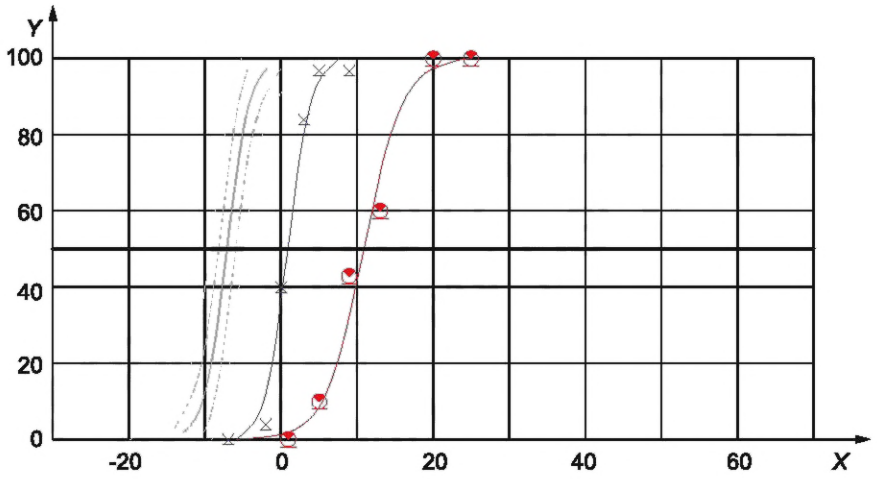
На рисунке С.2 приведен пример типичной аудиограммы для речевого материала, состоящего из односложных слов. Серой линией показана нормальная артикуляционная кривая, а затенением вокруг нее — область отклонения от кривой в пределах стандартного отклонения. Результаты измерений, показанные в левой части рисунка (символы и кривая голубого цвета), характерны для легкой и умеренной потери слуха. Результаты, показанные в правой части (символы и кривая красного цвета), свидетельствуют о более серьезных нарушениях. Разность между максимальным значением показателя и 100 % характеризует степень утраты восприятия речи.

На рисунке С.3 приведен пример аудиограммы для речевого материала в виде предложений. Серой линией показана нормальная артикуляционная кривая, а затенением вокруг нее — область отклонения от кривой в пределах стандартного отклонения. Результаты измерений, показанные в левой части рисунка (символы и кривая голубого цвета), характерны для легкой и умеренной потери слуха. Результаты, показанные в правой части (символы и кривая красного цвета), свидетельствуют о более серьезной потере слуха.



X — уровень речевого сигнала, дБ; Y — показатель разборчивости речи, %

Рисунок С.2 — Пример речевой аудиограммы для речевого материала в форме односложных слов



X — отношение сигнал/шум, дБ; Y — показатель разборчивости речи, %

Рисунок С.3 — Пример речевой аудиограммы для речевого материала в форме предложений

Приложение D
(справочное)

Оптимизация перцептивной эквивалентности тестовых таблиц

Добиться перцептивной эквивалентности тестовых таблиц можно следующим образом (см. [21]).

Уровень речевого сигнала отдельного тестового элемента регулируют таким образом, чтобы реакция на него соответствовала реакции (среднему показателю разборчивости) на другие тестовые элементы тестовой таблицы. Это означает, что при предъявлении тестового элемента с низким показателем разборчивости относительно среднего по таблице коэффициент усиления следует повысить, а при предъявлении элемента с высоким показателем разборчивости — наоборот, понизить. Однако усиление или ослабление сигнала не должно превышать 0,5 дБ, поскольку такая регулировка не должна вызывать у испытуемого ощущения, что ему предъявляют тестовые элементы (например, отдельные слова в тестовом предложении) разной громкости.

Приложение Е
(справочное)

Неопределенность измерения

Е.1 Общие положения

Общепризнанный способ представления неопределенности измерения установлен в Руководстве ИСО/МЭК 98-3. Этот способ требует наличия известной функциональной зависимости (модели измерения) между измеряемой величиной, под которой в настоящем приложении понимается пороговый уровень разборчивости, и входными величинами, описывающими факторы, которые могут оказать влияние на результат измерения. Каждая такая входная величина должна быть определена через ассоциированное с этой величиной распределение вероятностей, оценку (математического ожидания) для этой величины и стандартную неопределенность этой оценки. Имеющуюся информацию о входных величинах представляют в виде бюджета неопределенности, на основе которого рассчитывают стандартную неопределенность и расширенную неопределенность для оценки измеряемой величины.

В настоящее время отсутствуют надежные данные, которые позволили бы составить бюджет неопределенности, пригодный для каждого измерения, выполненного в соответствии с настоящим стандартом. Однако существует возможность, в первую очередь основанная на результатах экспериментальных исследований, указать основные источники неопределенности таких измерений и характеристики этих источников. Настоящий пример иллюстрирует общий подход к расчету неопределенности измерения согласно Руководству ИСО/МЭК 98-3. Данный подход позволяет получить приближенную оценку неопределенности измерения, проводимого в некоторых заданных условиях.

Е.2 Модель измерения

Модель измерения для порогового уровня разборчивости L_{HT} имеет вид

$$L_{HT} = L'_{HT} + \delta_{eq} + \delta_{tr} + \delta_{m} + \delta_{te} + \delta_{su} + \delta_{pr} + \delta_{tm} + \delta_{n} + \delta_{mth}, \quad (E.1)$$

где L'_{HT} — значение порогового уровня разборчивости, полученное в результате выполнения процедуры, установленной настоящим стандартом (см. Е.3.2);

δ_{eq} — входная величина, описывающая отклонения от номинальных метрологических характеристик применяемого аудиометрического оборудования (см. Е.3.3);

δ_{tr} — входная величина, описывающая возможные вариации, связанные с типом применяемого преобразователя и способом его установки (см. Е.3.4);

δ_{m} — входная величина, описывающая отклонения, связанные с неоптимальным выбором уровня маскирующего шума или конкурирующего звука (см. Е.3.5);

δ_{te} — входная величина, описывающая влияние недостаточной квалификации и опыта аудиометриста (см. Е.3.6);

δ_{su} — входная величина, описывающая влияние ошибок в коммуникации аудиометриста с испытуемым и неадекватных реакций испытуемого на предъявляемые стимулы (см. Е.3.7);

δ_{pr} — входная величина, связанная с особенностями конкретного измерения (см. Е.3.8);

δ_{tm} — входная величина, описывающая отклонения в характеристиках записи в соответствии с разделом 4 (см. Е.3.9);

δ_{n} — входная величина, описывающая отклонения от нормальных (идеальных) акустических условий, в особенности связанные с фоновым шумом (см. Е.3.10);

δ_{mth} — входная величина, описывающая отклонения, связанные с выбранным методом испытаний (см. Е.3.11).

Обычно наилучшую оценку каждой входной величины δ полагают равной 0 дБ, что означает отсутствие поправок, вносимых в полученное значение L'_{HT}. Однако каждой из этих величин соответствует своя неопределенность (см. Е.3). Взаимной статистической зависимостью входных величин можно пренебречь.

Примечание — Если измеряемой величиной является не пороговый уровень разборчивости, то формулу (Е.1) нужно соответствующим образом видоизменить.

Е.3 Входные величины

Е.3.1 Общие положения

Входные величины, описанные в Е.3.2—Е.3.6 и Е.3.9—Е.3.11, следует принимать во внимание при расчете неопределенности для практически всех аудиометрических испытаний. Входные величины, описанные в Е.3.7 и Е.3.8, необходимо принимать во внимание только в особых ситуациях и по усмотрению аудиометриста.

Е.3.2 Полученное значение порогового уровня прослушивания L'_{HT}

Обычно в ходе аудиометрических испытаний получают только одно значение порогового уровня разборчивости при бинауральном тестировании или по одному значению для каждого уха испытуемого при моноауральном тестировании. Однако имеющиеся данные наблюдений повторных измерений в стабильных условиях измерения показывают, что данной величине может быть приписана следующая стандартная неопределенность (см. 5.3 и С.3):

- 1 дБ для испытаний с воздушным звукопроведением с использованием тестовой таблицы из 10 предложений;
- 2,5 дБ для испытаний с воздушным звукопроведением с использованием группы тестовых элементов из 10 отдельных слов.

Величине L'_{HT} приписывается нормальное распределение, ее оценка обозначается $L'_{HT,est}$ (см. таблицу Е.1).

Е.3.3 Влияние аудиометрического оборудования δ_{eq}

При условии, что аудиометрическое оборудование удовлетворяет требованиям к приборам класса А или В по МЭК 60645-1, можно считать, что вклад данного источника в неопределенность измерения обусловлен преимущественно отклонением показываемого значения от номинального значения физической величины. МЭК 60645-1 устанавливает для испытаний по воздушной проводимости предельное отклонение ±3 дБ.

В отсутствие иной дополнительной информации входной величине, описывающей влияние оборудования на результат измерения, приписывается равномерное распределение, стандартное отклонение для которого равно отношению половины диапазона, определяемого указанным предельным отклонением, к $\sqrt{3}$.

Если шаг управления уровнем прослушивания составляет 5 дБ, то это вносит дополнительный существенный вклад в неопределенность измерения, которому можно поставить в соответствие равномерное распределение со стандартной неопределенностью $2{,}5/\sqrt{3}$ дБ.

Объединяя эти два вклада, можно получить стандартную неопределенность для данного источника неопределенности по формуле

$$\sqrt{\left(3/\sqrt{3}\right)^2+\left(2{,}5/\sqrt{3}\right)^2}\ \text{дБ} = 2{,}3\ \text{дБ}. \qquad (\text{Е.2})$$

Е.3.4 Влияние преобразователя и способа его установки δ_{tr}

Уровни звукового давления, воспроизводимые при аудиометрических испытаниях преобразователями разных типов в ухе испытуемого, зависят от анатомических и физиологических особенностей испытуемого, способа размещения преобразователя в ухе испытуемого, а также отклонения прижимных сил оголовья от их номинальных значений. Дать достоверные количественные оценки влияния указанных эффектов на неопределенность измерения в настоящее время не представляется возможным. Однако до получения более надежных данных вклад этих эффектов можно приближенно оценить стандартной неопределенностью, равной 2,5 дБ.

Е.3.5 Влияние маскирующего шума δ_m

На результат измерения порогового уровня разборчивости может оказать влияние неоптимальный выбор уровня маскирующего шума. Дать достоверные количественные оценки влияния указанного фактора на неопределенность измерения не представляется возможным. Однако в качестве первого приближения входной величине δ_m (входящей в модель измерения только в случае применения маскирующего шума) можно приписать нормальное распределение и стандартное отклонение 2 дБ. Влияние вариаций конкурирующего звука при условии, что его вид и условия применения точно соответствуют заданным, учтено в стандартной неопределенности, оцениваемой по повторным наблюдениям (см. Е.3.2).

Е.3.6 Влияние опыта аудиометриста δ_{te}

Если аудиометрист обладает необходимой квалификацией и достаточным опытом работы, то можно считать, что вносимый им субъективный фактор уже учтен при оценке стандартной неопределенности по результатам повторных наблюдений (см. Е.3.2). Однако в особых случаях может потребоваться специально учесть вклад δ_{te} и дать оценку стандартной неопределенности, связанной с этой величиной.

Е.3.7 Влияние реакции испытуемого δ_{su}

В обычных условиях проведения испытаний вариативность, связанная с незначительными отклонениями в реакции испытуемого, уже учтена при оценке стандартной неопределенности по результатам повторных наблюдений (см. Е.3.2). В особых ситуациях, однако, может возникнуть необходимость оценить дополнительную стандартную неопределенность для δ_{su}.

Е.3.8 Влияние особенностей конкретного измерения δ_{pr}

При аудиометрических испытаниях возможны ситуации, когда определение порогового уровня разборчивости для данного испытуемого сталкивается со значительными трудностями. В этом случае может потребоваться учесть входную величину δ_{pr} и приписать ей соответствующую стандартную неопределенность.

Е.3.9 Влияние отклонений в записи речевого материала δ_{tm}

Полученные значения пороговых уровней разборчивости могут зависеть от характеристик речевого материала, записанного в соответствии с разделом 4. Дать достоверные количественные оценки влияния указанного фактора на неопределенность измерения не представляется возможным. В качестве первого приближения входной величине δ_{tm} можно приписать нормальное распределение и стандартное отклонение 2 дБ. Вариативность, обусловленная применением разных тестовых таблиц одного речевого материала, уже учтена в стандартной неопределенности, оцениваемой по повторным наблюдениям (см. Е.3.2).

Е.3.10 Влияние условий окружающей среды δ_n

Если требования к фоновому шуму (см. 6.2) выполнены полностью, то для измерений порогового уровня различения с участием испытуемого с пороговым уровнем прослушивания, близким к 0 дБ, входной величине δ_n можно приписать нормальное распределение со стандартной неопределенностью 2 дБ. Для измерений порогового уровня разборчивости, а также если пороговый уровень прослушивания у испытуемого значительно выше 0 дБ, влиянием фонового шума на неопределенность измерения можно пренебречь.

Е.3.11 Влияние метода испытаний δ_{mth}

Полученное значение порогового уровня разборчивости может зависеть от метода испытаний, выбранного в соответствии с 10.2—10.6. На результат испытаний влияют тип метода (применение нисходящего ряда или адаптивная процедура), шаг изменения уровня речевого сигнала, число используемых тестовых элементов (полные тестовые таблицы, группы тестовых элементов или отдельные тестовые элементы). Экспериментальных данных, свидетельствующих об эквивалентности применяемых методов, в настоящее время нет, поэтому данному фактору неопределенности может быть дана только грубая оценка. В качестве первого приближения можно принять значение стандартной неопределенности равным 2 дБ.

Е.4 Бюджет неопределенности

Стандартная неопределенность для порогового уровня разборчивости зависит от стандартных неопределенностей входных величин u_i (см. Е.3) и соответствующих им коэффициентов чувствительности c_i. Коэффициент чувствительности определяет вес, с которым стандартная неопределенность каждой входной величины входит в суммарную стандартную неопределенность для измеряемого порогового уровня разборчивости. Математически коэффициент чувствительности представляет собой частную производную функции, описывающей модель измерений (функции измерений), по данной входной величине. Тогда вклад каждого фактора (источника неопределенности), описываемого входной величиной, в суммарную стандартную неопределенность измерения можно представить в виде произведения коэффициента чувствительности входной величины на стандартную неопределенность для данной входной величины. Под бюджетом неопределенности понимают табличное представление информации о вкладах различных источников неопределенности (см. таблицу Е.1).

Е.5 Суммарная и расширенная неопределенности

Суммарную стандартную неопределенность u для порогового уровня разборчивости, рассчитывают по формуле

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} u_i^2}. \qquad \text{(Е.3)}$$

Согласно Руководству ИСО/МЭК 98-3 должна быть рассчитана также расширенная неопределенность U, определяемая таким образом, чтобы интервал $[L_{HT} - U, L_{HT} + U]$ охватывал, например, 95 % значений, которые обоснованно могут быть приписаны измеряемой величине L_{HT}. Расширенную неопределенность определяют через коэффициент охвата k, так что $U = ku$. Если случайная величина, ассоциированная с измеряемой величиной, распределена по нормальному закону, то $k = 2$ при вероятности охвата, равной 95 %.

Таблица Е.1 — Общий вид бюджета неопределенности для измерения порогового уровня разборчивости

Величина	Оценка, дБ	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Распределение вероятностей	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
L'_{HT}	$L'_{HT,est}$	u_1	нормальное	1	u_1

Окончание таблицы Е.1

Величина	Оценка, дБ	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Распределение вероятностей	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
δ_{eq}	0	u_2	прямоугольное	1	u_2
δ_{tr}	0	u_3	нормальное	1	u_3
δ_{m}	0	u_4	нормальное	1	u_4
δ_{te}	0	u_5	нормальное	1	u_5
δ_{su}	0	u_6	нормальное	1	u_6
δ_{pr}	0	u_7	нормальное	1	u_7
δ_{tm}	0	u_8	нормальное	1	u_8
δ_{n}	0	u_9	нормальное	1	u_9
v_{mth}	0	u_{10}	нормальное	1	u_{10}

Е.6 Пример

Необходимо оценить расширенную неопределенность для измерения порогового уровня разборчивости по воздушному звукопроведению для данного испытуемого. Предполагается, что маскирующий шум в испытаниях не применяется, требования к фоновому шуму соблюдены, и источниками неопределенности, описанными в Е.3.5—Е.3.10, можно пренебречь. Бюджет неопределенности для данного примера представлен в таблице Е.2.

Таблица Е.2 — Бюджет неопределенности для примера из Е.6

Величина	Оценка, дБ	Стандартная неопределенность u_i, дБ	Распределение вероятностей	Коэффициент чувствительности c_i	Вклад в неопределенность $c_i u_i$, дБ
L'_{HT}	$L'_{HT,est}$	2,5	нормальное	1	2,5
δ_{eq}	0	2,3	прямоугольное	1	2,3
δ_{tr}	0	2,5	нормальное	1	2,5
δ_{mth}	0	2,0	нормальное	1	2,0

Для данного примера расчет стандартной неопределенности дает u = 4,7 дБ.

Округленная до ближайшего целого расширенная неопределенность для вероятности охвата 95 % будет равна U = 9 дБ.

Приложение F
(справочное)

Определение минимально необходимого числа испытуемых при валидации записей речевого материала

Для аудиометрических испытаний, выполняемых в целях валидации записей речевого материала, может использоваться статистическое представление в виде процесса Бернулли (см. [35]), когда показатель разборчивости речи, определенный по одной тестовой таблице, рассматривают как случайную переменную. Если правильному восприятию каждого тестового элемента в пределах одной тестовой таблицы, состоящей из n элементов, приписать равную вероятность p (в процентах), то математическое ожидание показателя разборчивости будет равно p, а соответствующее ему стандартное отклонение σ для данной тестовой таблицы может быть рассчитано по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(100-p)}{n}}. \qquad (F.1)$$

Стандартное отклонение σ будет максимальным при $p = 50$ %. Если в аудиометрических испытаниях участвовало m испытуемых, то математическое ожидание показателя, среднего по испытуемым, будет также равно p, а стандартное отклонение среднего показателя будет $\sigma/\sqrt{m}$. Симметричный 95 %-ный доверительный интервал для среднего показателя будет иметь вид $[p - c_{95}, p + c_{95}]$, где

$$c_{95} = 1{,}96 \cdot \sqrt{\frac{p(100-p)}{n \cdot m}}. \qquad (F.2)$$

Согласно формуле (F.2) число испытуемых, требуемых для получения заданного показателя разборчивости речи по данной тестовой таблице для заданной неопределенности c_{95}, может быть вычислено по формуле

$$m = \frac{p(100-p) \cdot 1{,}96^2}{n \cdot c_{95}^2}. \qquad (F.3)$$

Пример 1 — Для построения нормальной артикуляционной кривой (см. 5.2) используется тестовая таблица с числом тестовых элементов n = 20. Заданный показатель разборчивости p = 50 %. Допустимый разброс характеризуется c_{95} = 4,5 %, т. е. предполагается, что среднее значение показателя для m испытуемых с вероятностью 95 % находится в интервале [45,5 %, 54,5 %]. Из формулы (F.3) следует:

$$m = \frac{50\,\%(100\,\% - 50\,\%) \cdot 1{,}96^2}{20 \cdot (4{,}5\,\%)^2} = 23{,}7.$$

Таким образом, в испытании должно принять участие не менее 24 испытуемых.

Пример 2 — Для подтверждения перцептивной эквивалентности тестовых таблиц (см. 5.3) используется тестовая таблица с числом тестовых элементов n = 20. Считается, что две тестовые таблицы не могут считаться перцептивно эквивалентными, если полученные по ним показатели разборчивости речи для заданного показателя 50 % будут различаться более чем на 4,5 %. Предполагается. что для обеих таблиц дисперсия оценки показателя будет одинаковой и равной σ^2/m, тогда дисперсия разности показателей для этих двух таблиц σ_d^2 будет равна $\sigma_d^2 = 2\sigma^2/m$ (см. [37]). Если эти испытательные таблицы имеют одинаковый показатель разборчивости p, полученная в испытаниях разность между средними значениями показателя по m испытуемым с вероятностью 95 % будет находиться в интервале $[-1{,}96\sigma_d, 1{,}96\sigma_d]$. Этот интервал можно рассматривать как диапазон неопределенности для разности показателей разборчивости по двум таблицам. Если требуется, чтобы неопределенность не превышала 4,5 %, то $1{,}96\sigma_d$ = 4,5 %. Это означает, что для каждой отдельной тестовой таблицы неопределенность оценки показателя разборчивости должна быть

$c_{95} = 1{,}96\sigma/\sqrt{m} = 1{,}96\sigma_d/\sqrt{2} = 4{,}5\,\%/\sqrt{2} = 3{,}2\,\%$, *т. е. с вероятностью 95 % средний показатель по m испытуемым находится в диапазоне* [46,8 %, 53,2 %]. *Тогда из формулы (F.3) следует:*

$$m = \frac{50\,\%\left(100\,\% - 50\,\%\right)\cdot 1{,}96^2}{20\cdot\left(3{,}2\,\%\right)^2} = 46{,}9.$$

Таким образом, в испытании должно принять участие не менее 47 испытуемых. Полученный результат зависит от принятого предположения в отношении того, какие тестовые таблицы считать перцептивно эквивалентными.

Пример 3 — Согласно 4.8 пороговые уровни разборчивости L50 для всех тестовых таблиц должны находиться в пределах некоторого диапазона ΔL, например ΔL = 1 дБ. Этот диапазон можно преобразовать в максимально допустимое значение неопределенности c_{95} для каждого показателя следующим образом. Для i-й тестовой таблицы следует выполнить два измерения на разных уровнях речевого сигнала с соответствующими показателями разборчивости речи, чтобы получить оценку $L_{50}^{(i)}$. Будем считать неопределенности определения этих двух показателей равными и обозначим их Δp. Из закона распространения неопределенности получим $\Delta L_{50}^{(i)} = \sqrt{2}\Delta p/s_{50}$, где s_{50} — спад артикуляционной кривой в точке, где показатель распознавания речи равен 50 %. Предположим, что в рассматриваемом примере s_{50} = 4,5 %/дБ. Разность пороговых уровней для двух разных тестовых таблиц $L_{50}^{(i)} - L_{50}^{(j)}$ также является случайной величиной, чья дисперсия равна сумме дисперсий для $L_{50}^{(i)}$ и $L_{50}^{(j)}$, которые полагаются равными. Неопределенность для разности пороговых уровней не должна превышать заданного значения ΔL, т. е. $\Delta L = \sqrt{2}\Delta L_{50}^{(i)} = 2\Delta p/s_{50}$. Из последнего уравнения можно найти значение неопределенности $\Delta p = s_{50}\,\Delta L/2$. Если считать, что $c_{95} = \Delta p$, то с учетом принятого значения для s_{50} и ΔL получаем:

$$c_{95} = \frac{4{,}5\,\%/\text{дБ}\cdot 1\text{дБ}}{2} = 2{,}25\,\%.$$

Отсюда следует, что с вероятностью 95 % среднее значение показателя для m испытуемых находится в диапазоне [47, 75 %, 52, 25 %]. *Применяя формулу (F.3), получаем оценку для m:*

$$m = \frac{50\,\%\left(100\,\% - 50\,\%\right)\cdot 1{,}96^2}{20\cdot\left(2{,}25\,\%\right)^2} = 94{,}9.$$

Таким образом, в данном испытании должно принять участие не менее 95 испытуемых.

Примечание — Все формулы данного приложения получены в предположении, что к аудиометрическим испытаниям применима схема Бернулли, и с учетом других сделанных допущений. При этом не учитывалось влияние на неопределенность оценки показателя разборчивости таких факторов, как, например, различия в вероятностях правильного опознавания тестового элемента для разных тестовых элементов тестовой таблицы.

Приложение G
(справочное)

Определение характеристик повторяемости

В [37] предложен метод оценки 95 %-ного доверительного интервала для показателя разборчивости в условиях повторяемости в виде функции от значения данного показателя и приведены числовые значения нижних p_{lower} и верхних p_{upper}, %, границ интервала для разного числа n тестовых элементов в тестовой таблице, n = 10, 25, 50, 100. Соответствующие данные, а также данные для n = 20, 40 приведены в таблицах G.1 и G.2.

Таблица G.1 — Оценки нижних и верхних границ доверительного интервала для показателя разборчивости при доверительной вероятности 95 % и числе тестовых элементов в тестовой таблице 10, 20 и 40

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 10		n = 20		n = 40	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
0,0	0	20	0	10	0,0	5,0
2,5					0,0	12,5
5,0			0	25	0,0	17,5
7,5					2,5	22,5
10,0	0	50	0	35	2,5	25,0
12,5					2,5	30,0
15,0			5	40	5,0	32,5
17,5					5,0	35,0
20,0	0	60	5	45	7,5	40,0
22,5					7,5	42,5
25,0			5	55	10,0	45,0
27,5					12,5	47,5
30,0	10	70	10	60	12,5	50,0
32,5					15,0	52,5
35,0			10	65	17,5	55,0
37,5					20,0	57,5
40,0	10	80	15	70	20,0	60,0
42,5					22,5	62,5
45,0			20	75	25,0	65,0
47,5					27,5	67,5
50,0	10	90	25	75	30,0	70,0
52,5					32,5	72,5
55,0			25	80	35,0	75,0
57,5					37,5	77,5

Окончание таблицы G.1

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 10		n = 20		n = 40	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
60,0	20	90	30	85	40,0	80,0
62,5					42,5	80,0
65,0			35	90	45,0	82,5
67,5					47,5	85,0
70,0	30	90	40	90	50,0	87,5
72,5					52,5	87,5
75,0			45	95	55,0	90,0
77,5					57,5	92,5
80,0	40	100	55	95	60,0	92,5
82,5					65,0	95,0
85,0			60	95	67,5	95,0
87,5					70,0	97,5
90,0	50	100	65	100	75,0	97,5
92,5					77,5	97,5
95,0			75	100	82,5	100,0
97,5					87,5	100,0
100,0	80	100	90	100	95,0	100,0
Примечание — Данные в таблице вычислены методом, предложенным в [37].						

Таблица G.2 — Оценки нижних и верхних границ доверительного интервала для показателя разборчивости при доверительной вероятности 95 % и числе тестовых элементов в тестовой таблице 25, 50 и 100

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 25		n = 50		n = 100	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
0	0	8	0	6	0	3
1					0	6
2			0	12	0	8
3					0	9
4	0	20	0	14	1	11
5					1	12
6			0	18	1	14
7					2	15
8	0	28	2	22	2	17

Продолжение таблицы G.2

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 25		n = 50		n = 100	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
9					3	18
10			2	24	4	19
11					4	21
12	4	32	2	26	5	22
13					6	23
14			4	30	6	25
15					7	26
16	4	40	6	32	8	27
17					8	28
18			6	34	9	29
19					10	31
20	4	44	8	36	11	32
21					11	33
22			8	40	12	34
23					13	35
24	8	48	10	42	14	36
25					14	37
26			12	44	15	39
27					16	40
28	8	52	14	46	17	41
29					18	42
30			14	48	19	43
31					19	44
32	12	56	16	50	20	45
33					21	46
34			18	52	22	47
35					23	48
36	16	60	20	54	24	49
37					25	50
38			22	56	26	51
39					26	52
40	16	64	22	58	27	53
41					28	54

Продолжение таблицы G.2

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 25		n = 50		n = 100	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
42			24	60	29	55
43					30	56
44	20	68	26	62	31	57
45					32	58
46			28	64	33	59
47					34	60
48	24	72	30	66	35	61
49					36	62
50			32	68	37	63
51					38	64
52	28	76	34	70	39	65
53					40	66
54			36	72	41	67
55					42	68
56	32	80	38	74	43	69
57					44	70
58			40	76	45	71
59					46	72
60	36	84	42	78	47	73
61					48	74
62			44	78	49	74
63					50	75
64	40	84	46	80	51	76
65					52	77
66			48	82	53	78
67					54	79
68	44	88	50	84	55	80
69					56	81
70			52	86	57	81
71					58	82
72	48	92	54	86	59	83
73					60	84

Окончание таблицы G.2

Показатель, %	Верхняя и нижняя граница доверительного интервала для					
	n = 25		n = 50		n = 100	
	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %	p_{lower}, %	p_{upper}, %
74			56	88	61	85
75					63	86
76	52	92	58	90	64	86
77					65	87
78			60	92	66	88
79					67	89
80	56	96	64	92	68	89
81					69	90
82			66	94	71	91
83					72	92
84	60	96	68	94	73	92
85					74	93
86			70	96	75	94
87					77	94
88	68	96	74	98	78	95
89					79	96
90			76	98	81	96
91					82	97
92	72	100	78	98	83	98
93					85	98
94			82	100	86	99
95					88	99
96	80	100	86	100	89	99
97					91	100
98			88	100	92	100
99					94	100
100	92	100	94	100	97	100

Примечание — Некоторые значения для n = 50 отличаются от приведенных в [37], поскольку они были рассчитаны по формуле (4), а не по формуле (5) из того же источника.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 8253-1	IDT	ГОСТ Р ИСО 8253-1—2012 «Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 1. Тональная пороговая аудиометрия по воздушной и костной проводимости»
ISO 8253-2	IDT	ГОСТ Р ИСО 8253-2—2012 «Акустика. Методы аудиометрических испытаний. Часть 2. Аудиометрия в звуковом поле с использованием чистых тонов и узкополосных испытательных сигналов»
ISO/IEC Guide 98-3	IDT	ГОСТ 34100.3—2017 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»
IEC 60645-1:2017	IDT	ГОСТ Р МЭК 60645-1—2017 «Электроакустика. Аудиометрическое оборудование. Часть 1. Оборудование для тональной и речевой аудиометрии»
IEC 61672-1	—	*,1)

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условное обозначение степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты.

1) Действует ГОСТ Р 53188.1—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования», неэквивалентный указанному международному стандарту.

Библиография

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

[2] 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 аудиометрического оборудования. Часть 1. Опорные эквивалентные пороговые уровни звукового давления для чистых тонов и прижимных телефонов)

[3] ISO 389-4, Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment — Part 4: Reference levels for narrow-band masking noise (Акустика. Опорный нуль для калибровки аудиометрической аппаратуры. Часть 4. Опорные уровни узкополосного маскирующего шума)

[4] ISO/TR 25417, Acoustics — Definitions of basic quantities and terms (Акустика. Определение основных величин и терминов)

[5] IEC 50801, International Electrotechnical Vocabulary — Chapter 801: Acoustics and electroacoustics (Международный электротехнический словарь. Часть 801. Акустика и электроакустика)

[6] IEC 60318-1, Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones (Электроакустика. Имитаторы человеческой головы и уха. Часть 1. Имитатор уха для измерений характеристик накладных и охватывающих наушников)

[7] IEC 60318-3, Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 3: Acoustic coupler for the calibration of supra-aural earphones used in audiometry (Электроакустика. Имитаторы человеческой головы и уха. Часть 3. Акустическая камера связи для калибровки накладных наушников, применяемых в аудиометрии)

[8] IEC 61260, Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters (Электроакустика. Полосовые фильтры на октаву и долю октавы)

[9] ITU-T Recommendation G.227, International analogue carrier systems — General characteristics common to all analogue carrier-transmission systems — Conventional telephone signal (Международные аналоговые системы передачи. Общие характеристики для всех аналоговых систем передачи. Обычный телефонный сигнал). Available (viewed 2012-02-21) at: gost.e-ecolog.ru

[10] Ludvigsen C. Comparison of certain measures of speech and noise level. Scand. Audiol. 1992, 21, pp. 23—29

[11] Martin M., editor. Speech audiometry. 2nd Edition. London: Whurr, 1997

[12] Wilson R.H., Morgan D.E., Dirks D.D. A proposed SRT procedure and its statistical precedent. J. Speech Hear. Dis. 1973, 38, pp. 184—191

[13] Elberling C., Ludvigsen C., Lyregaard P.E. Dantale: a new Danish speech material. Scand. Audiol. 1989, 18, pp. 169—175

[14] Keidser G. Normative data in quiet and in noise for «DANTALE» — a Danish speech material. Scand. Audiol. 1993, 22, pp. 231—236

[15] Olsen S.Ø. Evaluation of the list of numerals in the Danish speech audiometry material. Scand. Audiol. 1996, 25, pp. 103—107

[16] Sakamoto S., Yoshikawa T., Amano S., Suzuki Y., Kondo T. New 20-word lists for word intelligibility test in Japanese, In: Proc. of 9th International Conference on Spoken Language Processing (INTERSPEECH 2006 — ICSLP), 2006, pp. 2158—2161

[17] Brand T., Achtzehn J., Kollmeier B. Erstellung von Testlisten für den Oldenburger Kinder-Reimtest [Development of test lists for the Oldenburger children's rhyme test]. Z. Audiol. 1999 (Suppl. II), pp. 50—51

[18] Brand T., Wagener K.C. Wie lässt sich die maximale Verständlichkeit optimal bestimmen? [How can maximum speech recognition be determined optimally?] In: 8. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie, Tagungs CD, ISBN 3-9809869-4-2. 2005

[19] Von Wallenberg E.L., Kollmeier B. Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten [Measurements of speech recognition in audiology with a rhyme test in the German language: Development and evaluation of test lists]. Audiol. Akust. 1989, 28, pp. 50—65

[20] Hällgren M., Larsby B., Arlinger S. A. Swedish version of the Hearing in Noise Test (HINT) for measurement of speech recognition. Int. J. Audiol. 2006, 45, pp. 227—237

[21] Kollmeier B., Wesselkamp M. Development and evaluation of a German sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment. J. Acoust. Soc. Am. 1997, 102, pp. 2412—2421

[22] Kalikow D.N., Stevens K.N., Elliot L.L. Development of a test of speech intelligibility in noise using sentences with controlled word predictability. J. Acoust. Soc. Am. 1977, 61, pp. 1337—1351

[23] Nilsson M., Soli S.D., Sullivan J.A. Development of Hearing In Noise Test for measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. J. Acoust. Soc. Am. 1994, 95, pp. 1085—1099

[24] Plomp R., Mimpen A.M. Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. Audiology. 1979, 18, pp. 43—52

[25] Killion M.C., Niquette P.A., Gudmundsen G.I., Revit L.J., Banerjee S. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. J. Acoust. Soc.Am. 2004, 116, pp. 2395—2405

[26] Hagerman B. Sentences for testing speech intelligibility in noise. Scand. Audiol. 1982, 11, pp. 79—87

[27] Wagener K., Brand T., Kühnel V., Kollmeier B. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I-III: Design, Optimierung und Evaluation des Oldenburger Satztests [Development and evaluation of a sentence test for the German language I-III: Design, optimization and evaluation of the Oldenburger sentence test]. Z. Audiol. 1999, 38, pp. 4—15, 44—56, 86—95

[28] Wagener K., Josvassen J.L., Ardenkjaer R. Design, optimization and evaluation of a Danish sentence test in noise. Int. J. Audiol. 2003, 42, pp. 10—17

[29] Wagener K.C., Kollmeier B. Evaluation des Oldenburger Satztests mit Kindern und Oldenburger Kinder-Satztest [Evaluation of the Oldenburger sentence test with children and the Oldenburger sentence test for children]. Z. Audiol. 2005, 44, pp. 134—143

[30] Wagener K.C., Brand T., Kollmeier B. Evaluation des Oldenburg Kinder-Reimtests in Ruhe und im Störgeräusch [Evaluation of the Oldenburger rhyme test for children in silence and in noise]. HNO 2006, 54, pp. 171—178

[31] Han H., Lee J., Cho S., Kim J., Lee K., Choi W. Reference sound pressure level for Korean speech audiometry. Int. J. Audiol. 2011, 50, pp. 59—62

[32] Dreschler W.A., Verschuure H., Ludvigsen C., Westermann S. ICRA noises: artificial noise signals with speech-like spectral and temporal properties for hearing instrument assessment. International Collegium of Rehabilitative Audiology. Audiology 2001, 40, pp. 148—157

[33] Wagener K.C., Brand T. Sentence intelligibility in noise for listeners with normal hearing and hearing impairment: Influence of measurement procedure and masking parameters. Int. J. Audiol. 2005, 44, pp. 144—157

[34] Fastl H. A background noise for speech audiometry. Audiol. Acoust. 1987, 26, pp. 2—13

[35] gost.e-ecolog.ru , retrieved on May, 17th, 2018

[36] Hagerman B. Reliability in the determination of speech discriminiation. Scand. Audiol. 1976, 5, pp. 219—228.

[37] Thornton A.R., Raffin M.J.M. Speech discrimination scores modeled as a binomial variable. J. Speech Hear. Res. 1978, 21, pp. 507—518.

УДК 534.7:612.85:006.354 ОКС 13.140

Ключевые слова: акустика, аудиометрия, речевая аудиометрия, испытания, испытуемый, речевой материал, восприятие речи

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 10.12.2024. Подписано в печать 25.12.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,95.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru