МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ EN 17479— 2024

Система стандартов безопасности труда

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА

Рекомендации по выбору методов испытаний индивидуальной подгонки средств индивидуальной защиты

(EN 17479:2021, Hearing protectors — Guidance on selection of individual fit testing methods, IDT)

Издание официальное

**Москва
Российский институт стандартизации
2024**

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 июля 2024 г. № 175-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2024 г. № 1359-ст межгосударственный стандарт ГОСТ EN 17479—2024 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 ноября 2025 г.

5 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту EN 17479:2021 «Средства защиты органа слуха. Руководство по выбору методов испытаний индивидуальной подгонки» («Hearing protectors — Guidance on selection of individual fit testing methods», IDT).

Европейский стандарт разработан Техническим комитетом CEN/TC 159 «Средства защиты органа слуха», функции секретариата которого выполняет DIN.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного европейского стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6) и для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе межгосударственных стандартов.

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 Некоторые элементы настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав.

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации не несет ответственности за патентную чистоту настоящего стандарта. Патентообладатель может заявить о своих правах и направить в национальный орган по стандартизации своего государства аргументированное предложение о внесении в настоящий стандарт поправки для указания информации о наличии в стандарте объектов патентного права и патентообладателе

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Методы испытаний индивидуальной подгонки 3
4.1 Общие положения 3
4.2 Методы испытаний 3
4.3 Контрольный метод по измерению поглощения шума средствами индивидуальной защиты органа слуха 4
4.4 Описание различных методов испытаний подгонки 4
5 Порядок действий в ходе проверки подгонки 9
5.1 Общие сведения 9
5.2 Измерение уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE) (метод 1) 9
5.3 Аудиометрический метод (метод 2) 11
5.4 Метод, сходный с аудиометрическим (метод 3) 14
5.5 Метод сравнения громкости (метод 4) 15
5.6 Испытание на утечку звука (метод 5) 16
5.7 Испытание на давление (метод 6) 17
6 Критерии оценки 18
6.1 Область применения различных методов 18
6.2 Выбор по удобному исполнению 21
6.3 Индивидуальная поддержка сотрудников с нарушениями слуха 21
6.4 Применимость методов для различных типов средств индивидуальной защиты органа слуха 22
7 Периодичность проверки подгонки 22
8 Неопределенность 23
8.1 Общие факторы для неопределенности проверки подгонки 23
8.2 Особые факторы, относящиеся к неопределенности для различных методов испытаний подгонки 23
8.3 Количественный подход 25
9 Протокол испытаний 26
Приложение А (справочное) Сравнение целевых значений 27
Приложение В (справочное) Пример для протокола определения неопределенности измерений 30
Библиография 31

Введение

В настоящее время необходимость использования средств индивидуальной защиты органа слуха является очевидной. Подходящие средства защиты выбирают по различным критериям: требуемому поглощению шума, удобству ношения, обстановке на рабочем месте и возможной необходимости в общении, возможности слышать предупреждающие сигналы и т. д. Критерии выбора средств индивидуальной защиты органа слуха приведены в EN 458:2016 «Средства защиты органа слуха. Рекомендации по выбору, применению, уходу и хранению. Руководящий документ» [4].

Так как процесс выбора должен быть нацелен на достаточную акустическую эффективность, то его необходимо сопоставить с потребностями пользователя в два этапа. Прежде всего, подходящие средства индивидуальной защиты органа слуха следует выбирать на основании указанных изготовителем значений поглощения шума по результатам испытания REAT согласно EN ISO 4869-1:2018 [7] и EN ISO 4869-2:2018 [8]. Кроме того, эффективное поглощение шума возможно оценить с помощью метода испытания индивидуальной подгонки (например, акустической герметичности или непроницаемости для давления, индивидуального коэффициента поглощения шума и т. д.).

Помимо этого, оценивают эффективное поглощение шума и сравнивают с требуемым. Хотя испытание подгонки может играть важную роль при выборе и использовании средств индивидуальной защиты органа слуха, оно не заменяет собой испытание на соответствие требованиям.

Испытание подгонки также используют для повышения осведомленности пользователя о важности правильного ношения средств индивидуальной защиты органа слуха. Это помогает убедиться в том, что пользователь подбирает такой вариант подгонки, который повышает вероятность обеспечения ожидаемого уровня защиты. Испытание подгонки также может быть частью обучения специалистов по охране труда и руководителей для обеспечения хорошего понимания важности правильной подгонки. Кроме того, это может быть полезным учебным пособием для пользователя.

Настоящий стандарт содержит практическое руководство по правильному выбору методов испытаний подгонки средств индивидуальной защиты органа слуха, их применению и ограничениям использования.

Настоящий стандарт не устанавливает технические требования к производству оборудования для испытаний подгонки средств индивидуальной защиты органа слуха.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Система стандартов безопасности труда

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА

Рекомендации по выбору методов испытаний индивидуальной подгонки средств индивидуальной защиты

Occupational safety standards system. Personal protective means of hear body.
Recommendations for the choice of methods for individual testing of the fit of personal protective equipment

Дата введения — 2025—11—01

1 Область применения

Настоящий стандарт предоставляет практическое руководство по выбору методов испытаний на подгонку средств индивидуальной защиты органа слуха, а также практическое руководство по методам, их применению и ограничениям.

Настоящий стандарт не устанавливает технические требования к производству оборудования для испытаний подгонки средств индивидуальной защиты органа слуха.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ISO и IEC ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ISO: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия IEC: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1 **испытание подгонки** (средства индивидуальной защиты органа слуха) (fit testing): Метод проверки пригодности конкретного средства индивидуальной защиты органа слуха для использования определенным человеком на основе оценки физической подгонки, герметичности, поглощения шума или других характеристик средства индивидуальной защиты органа слуха.

3.2 **повторяемость** (repeatability): Степень взаимной приближенности результатов последовательных измерений одного и того же испытуемого объекта, выполненных в одинаковых условиях измерения.

Примечание 1 — Такие условия называют условиями повторяемости.

Примечание 2 — К условиям повторяемости относятся:

- один и тот же метод измерения;
- одно и то же лицо, проводящее испытания;
- одно и то же средство измерения, используемое в одних и тех же условиях;
- одно и то же место и
- повторяемость в течение короткого периода времени.

Издание официальное

Примечание 3 — Повторяемость можно выразить количественно с помощью характеристик разброса результатов.

[ИСТОЧНИК: Руководство ISO/IEC 98-3:2008, B.2.15, изменено: «результатов измерений» исключено из определения термина, а «измеряемая величина» заменена на «испытуемого объекта»]

3.3 **воспроизводимость** (reproducibility): Степень взаимного приближения между результатами измерений одного и того же испытуемого объекта, полученными при измененных условиях измерений.

Примечание 1 — Для достоверного определения воспроизводимости требуется спецификация измененных условий измерений.

Примечание 2 — Измененные условия измерения могут включать следующее:
- принцип измерения;
- метод измерения;
- лицо, проводящее испытания;
- измерительное устройство;
- эталонную величину;
- место;
- подходящее помещение (например, звуконепроницаемая камера);
- условия эксплуатации;
- время.

Примечание 3 — Воспроизводимость возможно выразить количественно с помощью индексов разброса результатов.

Примечание 4 — В этом случае под результатами обычно понимают исправленные результаты.

[ИСТОЧНИК: Руководство ISO/IEC 98-3:2008, B.2.16, изменено: «результатов измерений» исключено из определения термина, а «измеряемая величина» заменена на «испытуемого объекта»]

3.4 **индивидуальный коэффициент поглощения шума**; PAR (personal attenuation rating): Индивидуальное поглощение шума, выраженное в виде обобщающего показателя в дБ, полученного пользователем при подборе испытуемого средства индивидуальной защиты органа слуха.

Примечание 1 — PAR может быть либо комбинированным (бинауральным) значением для левого и правого уха, либо отдельным значением для левого и правого уха.

Примечание 2 — Процедура расчета не стандартизирована и определяется изготовителем для конкретного метода испытания подгонки.

3.5 **метод ослабления звука на пороге слышимости**; метод REAT (real-ear attenuation at threshold): Метод испытания для определения поглощения шума средством индивидуальной защиты органа слуха.

Примечание 1 — Метод измерения поглощения шума описан в EN ISO 4869-1 [7].

3.6 **порог слышимости** (threshold of hearing): Самый низкий уровень звукового давления, при котором человек дает правильные ответы о наличии звука в заранее определенном проценте специально организованных повторных испытаний.

Примечание 1 — Для целей настоящего стандарта порог слышимости измеряют со средством индивидуальной защиты органа слуха (порог слышимости с закрытым ухом) и без него (порог слышимости с открытым ухом).

[ИСТОЧНИК: EN ISO 4869-1:2018, 3.7, изменено: в примечании 1 к термину «ISO 4869-1» заменено на «настоящего стандарта». В примечании 1 к термину добавлено «средство индивидуальной защиты органа слуха (порог слышимости с закрытым ухом)» и «(порог слышимости с открытым ухом)». Удалено последнее предложение в примечании 1 к термину стандарта EN ISO 4869-1:2018, 3.7]

3.7 **замещающее средство индивидуальной защиты органа слуха** (deputy hearing protectors): Модифицированное изготовителем системы испытания подгонки средство индивидуальной защиты органа слуха, которое при использовании в системе испытания подгонки показало, что обеспечивает поглощение шума, равное поглощению шума стандартного средства индивидуальной защиты органа слуха, вместо которого используется.

Примечание 1 — К замещающим средствам индивидуальной защиты органа слуха относят замещающие испытуемые образцы, замещающие противошумные вкладыши и замещающие противошумные наушники.

[ИСТОЧНИК: ANSI S12.71-2018, 3.20, изменено: «FAES для оценки на основании их системы» заменено на «система испытания подгонки», и «система для оценки» заменена на «система испытания подгонки». Добавлено примечание 1 к термину]

3.8 **поглощение шума на имитаторе головы** (sound attenuation on the head replica): Разница в дБ между уровнями звукового давления в третьоктавных полосах, измеренных с помощью микрофона устройства акустических испытаний ATF при отсутствии средства индивидуальной защиты органа слуха и при его наличии.

[ИСТОЧНИК: EN ISO 4869-3:2007, 3.5]

3.9 **снижение шума** (noise reduction): Разница между уровнями звукового давления снаружи и под средством индивидуальной защиты органа слуха, которые обычно измеряют одновременно.

[ИСТОЧНИК: ANSI S12.42-2010, 3.20, изменено: слово «арифметическая» в начале определения удалено, «в децибелах» удалено, после «уровень звукового давления» приведено «снаружи и под средством индивидуальной защиты органа слуха» и добавлено «обычно»]

4 Методы испытаний индивидуальной подгонки

4.1 Общие положения

Методы испытаний подгонки возможно разделить на три категории:

- механические или акустические испытания в зависимости от физического принципа;
- субъективные (восприятие звука на пороге слышимости или сравнение громкости) или объективные (измерения) испытания;
- испытания только одного конкретного изделия или ряда различных средств индивидуальной защиты органа слуха.

Каждый метод испытания имеет свой критерий прохождения/непрохождения. За дополнительной информацией необходимо обратиться к изготовителю.

В настоящем стандарте термин «временные затраты» включает в себя следующее:

- надевание/установку средства индивидуальной защиты органа слуха на пользователя;
- установку/настройку соответствующего испытательного устройства;
- измерение на обоих ушах;
- анализ данных.

Примечание — Первоначальная сборка испытательного устройства не включена.

4.2 Методы испытаний

Доступные в настоящее время испытания включают в себя перечисленные далее методы.

Метод 1 — измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE, микрофон в ухе человека).

В ходе этого объективного акустического метода испытания создается звуковое поле. С помощью двух микрофонов в условиях акустического шума измеряют уровни звукового давления вне средства индивидуальной защиты органа слуха и под средством индивидуальной защиты органа слуха, обычно одновременно (снижение шума). Используя специально определенные поправочные коэффициенты, получают значения поглощения шума, соответствующие REAT.

- Метод 1a — звуковое поле, созданное телефоном*.
- Метод 1b — звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод свободного поля).

Метод 2 — аудиометрический метод (определение порога слышимости с использованием средств индивидуальной защиты органа слуха и без них).

Это метод акустического испытания. Пороги прослушивания со средством индивидуальной защиты органа слуха и без него определяют в ходе субъективного измерения. Разница между двумя измеренными порогами прослушивания является поглощением шума.

- Метод 2a — звуковое поле, созданное телефоном.
- Метод 2b — звуковое поле, созданное громкоговорителем.

Метод 3 — метод, сходный с аудиометрическим (определение порога слышимости с использованием средств индивидуальной защиты органа слуха и без них).

---

* *Термин «телефон» в данном контексте и далее по тексту означает устройство (телефон, головной телефон, наушники), применяемое для определения уровня прослушивания.*

Это метод акустического испытания. Пороги прослушивания со средством индивидуальной защиты органа слуха и без него определяют в ходе субъективного измерения. Принцип метода похож на метод 2, но вместо аудиометра используют прибор, специально предназначенный для проверки подгонки.

- Метод 3a — звуковое поле, созданное телефоном.
- Метод 3b — звуковое поле, созданное громкоговорителем.

Примечание — Определяемые пороговые значения не являются порогами прослушивания, измеренными аудиометрическим методом.

Метод 4 — метод сравнения громкости.

Это метод акустического испытания. Во время субъективного измерения испытатель выравнивает громкость в обоих ушах с одним или двумя вкладышами и без них.

Метод 5 — акустическое испытание на герметичность.

Это метод акустического испытания. Уровень звукового давления создается громкоговорителем и измеряется микрофоном непосредственно в противошумном вкладыше в слуховом канале. Частотная характеристика звука в слуховом канале содержит объективную информацию о подгонке противошумного вкладыша.

Метод 6 — испытание на давление.

Настоящий метод испытания не является акустическим и основан на измерении давления воздуха. Утечку (негерметичность) противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу, в слуховом канале объективно определяют по падению небольшого избыточного давления за противошумным вкладышем или в результате измерения максимально достижимого избыточного давления при определенном максимальном давлении насоса.

4.3 Контрольный метод по измерению поглощения шума средствами индивидуальной защиты органа слуха

Контрольным методом определения поглощения шума средствами защиты органа слуха является так называемый REAT-метод («Real-Ear Attenuation at Threshold») согласно EN ISO 4869-1:2018 [7]. Его также применяют в испытаниях образцов в соответствии с EN 352-1:2020 [1], EN 352-2:2020 [2] и EN 352-3:2020 [3]. Порог слышимости испытателя в диффузном звуковом поле измеряют дважды: один раз со средствами защиты и один раз без них. Измерение проводят с помощью шумов в третьоктавной полосе на средних частотах октавной полосы в диапазоне от 125 (опционально 63 Гц) до 8000 Гц. Как правило, порог слышимости определяют по методу крайних вариантов (например, по Бекеши согласно ANSI S 3.20 [15]). Метод REAT предоставляет сведения на основе выборки из 16 испытателей (среднее значение, стандартное отклонение) и по стандарту требует очень низкий уровень окружающего шума и наличие диффузного звукового поля.

Примечание — Описанные в 4.2 методы, предоставляющие сведения о поглощении звука, могут предоставить результаты, которые будут отличаться от значений, полученных в результате лабораторных испытаний. Эти данные являются средними значениями субъективных, бинауральных испытаний на пороге слышимости. Для каждого изделия необходимо определить целевые значения для поглощения шума на основании проверки индивидуальной подгонки, которые сочетаются с данными REAT.

4.4 Описание различных методов испытаний подгонки

4.4.1 Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE, микрофон в ухе человека) (метод 1)

4.4.1.1 Общие сведения

Метод MIRE включает в себя измерения уровней звукового давления внутри и снаружи защищаемого уха. Звуковое поле создается с помощью телефона или громкоговорителя.

Разницу между уровнем в ухе под средством защиты и снаружи защищаемого уха определяют двумя микрофонами (снижение шума). Поглощение шума одним средством защиты может быть определено по разнице между двумя уровнями звукового давления. Первый микрофон вводят снаружи в средство защиты (например, акустический зонд), а второй находится вне уха (при необходимости под телефоном, создающим тестовый сигнал). Если результат измерения MIRE необходимо отождествить с указанными данными, то всю систему (включая звуковое поле) следует откалибровать относительно (указанных) субъективных данных REAT. Если результат измерения MIRE должен быть приравнен к указанным в маркировке данным, всю систему (включая звуковое поле) необходимо откалибровать относительно (указанных в маркировке) субъективных данных поглощения шума REAT.

Примечание 1 — Основная процедура измерения в слуховом канале описана в EN ISO 11904-1:2002 [12].

Примечание 2 — «Снижение шума» по результатам измерения MIRE не соответствует напрямую «поглощению шума на имитаторе головы» на основании измерения REAT (обозначенные коэффициенты поглощения шума). Измерения REAT основываются на субъективной разнице на уровне слышимости (со средством защиты и без него). А измерения MIRE, напротив, основаны на объективной разнице уровней звукового давления (снаружи защищаемого уха и под средством защиты). Если поправочные коэффициенты для калибровки «снижения шума» применяют к значениям REAT, их необходимо скорректировать с учетом конкретного изделия.

Если в слуховой канал введен акустический зонд или подключенный к электросети микрофон и вдоль противошумного вкладыша размещена проволока или трубка зонда, то в результате при определенных обстоятельствах образуется утечка. Она нарушает герметичность противошумного вкладыша и приводит к неточным результатам измерения.

Примечание 3 — «Поглощение шума на модели головы» по методу MIRE возможно измерить с помощью всего лишь одного микрофона, расположенного перед барабанной перепонкой, измеряя поочередно со средством защиты и без него.

Если, используя противошумный вкладыш лишь с одним каналом и фильтром, для измерения этот фильтр убирают, чтобы вставить микрофон в противошумный вкладыш и слуховой канал, то измеряют лишь подгонку противошумного вкладыша, а не поглощение шума изделием в целом. В этом случае фильтр необходимо измерить в ходе отдельной процедуры. Для измерения противошумных вкладышей без каналов (из пористого полиуретана, пластинчатых, с держателем) можно использовать замещающие противошумные вкладыши.

4.4.1.2 Звуковое поле, созданное телефоном (метод 1a)

В целом возможно проверить все противошумные вкладыши, которые можно носить под телефоном. Однако для такой процедуры потребуются противошумные вкладыши, которые имеют один отдельный канал для введения микрофона для измерения под противошумным вкладышем.

Характеристики:

- метод — объективная оценка;
- тестовые сигналы — широкополосные шумы [например, 80 дБ (A), максимальный уровень из соображений безопасности 95 дБ (A)];
- *f* — от 125 до 8000 Гц;
- максимальный фоновый шум — 70 дБ (A);
- звуковое поле — телефон;
- временные затраты — 5 мин;
- принцип — разность уровня звука.

4.4.1.3 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод свободного поля) (метод 1b)

Поглощение шума одного средства индивидуальной защиты органа слуха может быть определено в звуковом поле громкоговорителя. При этом принимают во внимание поправки положения микрофона и звукового поля. Преимуществом этого метода является возможность проверки противошумных наушников и всех типов противошумных вкладышей, в том числе объемных моделей, которые не помещаются под телефоном. Как описано в 4.4.1.2, иногда допускается использовать лишь специально подогнанные средства индивидуальной защиты органа слуха со встроенным микрофоном.

Характеристики:

- метод — объективная оценка;
- тестовые сигналы — широкополосные шумы [например, 80 дБ (A), максимальный уровень из соображений безопасности 95 дБ (A)];
- *f* — от 125 до 8000 Гц;
- максимальный фоновый шум — 70 дБ (A);
- звуковое поле — свободное поле;
- временные затраты — 5 мин;
- принцип — разность уровня звука.

4.4.2 Аудиометрический метод (определение порога слышимости со средствами индивидуальной защиты органа слуха и без них) (метод 2)

4.4.2.1 Общие сведения

Принцип этого метода схож с методом REAT (см. 4.3), и данный метод можно провести с помощью аудиометра. Здесь также измеряют порог слышимости испытателя со средствами индивидуальной за-

щиты органа слуха и без них. Для этого метода требуется тихая обстановка, так как его проводят на пороге слышимости.

Далее описаны два аспекта процедуры измерения, которые могут варьироваться:

- тестовые сигналы могут быть узкополосными шумами или чистыми тонами. Так как звуковое поле и (для чистых тонов) тестовые сигналы отличаются от лабораторных условий, можно ожидать, что пороги слышимости будут иметь разные значения. В результате и рассчитанное поглощение шума может быть разным;
- порог слышимости возможно определить либо с помощью уровней по возрастанию, либо с помощью метода возрастания и убывания (крайних вариантов). В последнем случае уровень несколько раз попеременно повышается и понижается, а уровень порога слышимости ограничивается за счет изменений при повышении и понижении.

4.4.2.2 Звуковое поле, созданное телефоном (метод 2a)

Этот метод допускается применять для всех типов противошумных вкладышей, которые можно носить под телефоном.

Характеристики:

- метод — субъективная оценка;
- тестовые сигналы — чистые тоны или узкополосные шумы;
- *f* — от 125 до 8000 Гц или одна, или несколько определенных частотных полос;
- максимальный фоновый шум — 40 дБ (A) (в соответствии с EN ISO 8253-1:2010).

Примечание — Дополнительные сведения о требованиях к уровню фонового шума в третьеоктавных полосах приведены в EN ISO 8253-1:2010 [10];

- звуковое поле — телефон;
- временные затраты — от 5 до 20 мин;
- принцип — измерение на пороге слышимости.

4.4.2.3 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 2b)

Преимуществом этого метода является возможность проверки противошумных наушников и всех типов противошумных вкладышей, в том числе объемных моделей, которые не помещаются под телефоном. Порог слышимости (с открытым и закрытым ухом) измеряют одновременно для обоих ушей. В результате для обоих ушей и более короткого времени измерения, чем для измерения по 4.4.2.2, образуется лишь один коэффициент поглощения шума.

Характеристики:

- метод — субъективная оценка;
- тестовые сигналы — узкополосные шумы;
- *f* — от 125 до 8000 Гц или одна или несколько определенных частотных полос;
- максимальный фоновый шум — 25 дБ (A) (в соответствии с EN ISO 8253-2:2009).

Примечание — Дополнительные сведения о требованиях к уровню фонового шума в третьеоктавных полосах приведены в EN ISO 8253-2:2009 [11];

- звуковое поле — диффузное и квазисвободное поле;
- временные затраты — от 5 до 10 мин;
- принцип — измерение на пороге слышимости.

4.4.3 Метод, схожий с аудиометрическим (определение порога слышимости со средствами индивидуальной защиты органа слуха и без них) (метод 3)

4.4.3.1 Общие сведения

Этот акустический метод напоминает аудиометрическую процедуру. Тестовые сигналы могут быть узкополосными шумами (по аналогии с методом в EN ISO 4869-1:2018 [7]) или чистыми тонами (используется в аудиометрии). Порог слышимости определяют дважды: один раз со средствами защиты и один раз без них. В результате разности между этими двумя значениями для каждого тестового сигнала образуется поглощение шума.

Применение специально разработанного прибора вместо аудиометра может ограничить использование некоторых средств индивидуальной защиты органа слуха, но означает бóльшую универсальность для экспериментатора и обслуживание системы (специальная аудиометрическая подготовка и ежегодная калибровка не требуется).

С другой стороны, значения отдельных порогов невозможно использовать, так как приборы не откалиброваны по абсолютным значениям. Только разность двух пороговых значений дает реалистичные значения.

4.4.3.2 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 3a)

Этот метод допускается применять для всех типов противошумных вкладышей, которые можно носить под телефоном.

Характеристики:

- метод — субъективная оценка;
- тестовые сигналы — чистые тоны или узкополосные шумы;
- *f* — отдельные частоты или несколько частот либо узкополосные шумы в диапазоне от 125 до 8000 Гц;
- максимальный фоновый шум — 40 дБ (А) (в соответствии с EN ISO 8253-1:2010).

Примечание — Дополнительные сведения о требованиях к уровню фонового шума в третьеоктавных полосах приведены в EN ISO 8253-1:2010 [10];

- звуковое поле — телефон;
- временные затраты — от 5 до 15 мин;
- принцип — измерение на пороге слышимости.

4.4.3.3 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 3b)

Преимуществом этого метода является возможность проверки противошумных наушников и всех типов противошумных вкладышей, в том числе объемных моделей, которые не помещаются под телефоном. Порог слышимости (с открытым и закрытым ухом) измеряют одновременно для обоих ушей. В результате образуется лишь один коэффициент поглощения шума для обоих ушей и более короткого времени измерения, чем для измерения по 4.4.3.2.

Характеристики:

- метод — субъективная оценка;
- тестовые сигналы — узкополосные шумы;
- *f* — отдельные частоты или несколько частот либо узкополосные шумы в диапазоне от 125 до 8000 Гц;
- максимальный фоновый шум — 25 дБ (А) (в соответствии с EN ISO 8253-2:2009).

Примечание — Дополнительные сведения о требованиях к уровню фонового шума в третьеоктавных полосах приведены в EN ISO 8253-2:2009 [11];

- звуковое поле — диффузное и квазисвободное поле;
- временные затраты — от 5 до 10 мин;
- принцип — измерение на пороге слышимости.

4.4.4 Метод сравнения громкости (метод 4)

В отличие от лабораторного испытания или аудиометрических процедур, этот метод испытания работает на уровнях звука, значительно превышающих порог слышимости, с помощью звуков, воспроизводимых через телефон. Громкость тестового сигнала, воспроизводимого через телефон, регулируется испытателем таким образом, чтобы он слышал тоны с одинаковой громкостью в обоих ушах. Это выполняется в трех ситуациях: один раз с открытыми ушами в качестве эталонного уровня, один раз с одним закрытым ухом для определения поглощения шума конкретным противошумным вкладышем и один раз с другим закрытым ухом или обоими закрытыми ушами для определения поглощения шума другим противошумным вкладышем. Таким образом, значение поглощения шума для каждого уха возможно рассчитать отдельно.

Этот метод подходит для всех типов противошумных вкладышей, которые можно носить под телефоном, и не требует особо тихой обстановки.

Характеристики:

- метод — субъективная оценка;
- тестовые сигналы — чистые тоны или узкополосные шумы;
- *f* — от 125 до 8000 Гц;
- максимальный фоновый шум — 70 дБ (А);
- звуковое поле — телефон;
- временные затраты — от 5 до 15 мин;
- принцип — сравнение громкости звука.

4.4.5 Испытание на утечку звука (метод 5)

Это объективный метод, используемый только для противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу, и стандартных противошумных вкладышей. Уровень звукового давления

создается громкоговорителем и микрофоном непосредственно в противошумном вкладыше в слуховом канале, а также измеряется микрофоном. Утечки проявляются в частотной характеристике итогового уровня звука. На утечку указывает снижение уровня звукового давления на низких частотах (например, ниже 100 Гц) по сравнению с более высокими частотами. Анализ данных в этих двух диапазонах частот позволяет определить утечку и проверить герметичность.

Характеристики:

- метод — объективная оценка;
- тестовые сигналы — низкочастотные тоны;
- максимальный фоновый шум — 80 дБ (А);
- звуковое поле — источник звука, вставляемый в противошумный вкладыш во время испытания;
- временные затраты — 5 мин;
- принцип — измерение утечки в низких частотах.

4.4.6 Испытание на давление (метод 6)

Это объективный метод, используемый только для противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу. Он позволяет определить, правильно ли противошумный вкладыш, изготовленный по индивидуальному заказу, подогнан к слуховому каналу, но не определяет значение поглощения шума средством защиты.

Небольшое статическое избыточное или пониженное давление (несколько мбар) создают в слуховом канале по отверстию в противошумном вкладыше (например, после удаления фильтра). Затем определяют максимальное стабильное давление или наблюдают за падением давления в течение определенного периода времени. Если слуховой канал плотно закрыт, максимально достижимое давление близко к максимальному давлению насоса или давление остается постоянным, по крайней мере в течение нескольких секунд после выключения насоса. Для оценки перепада давления необходимо контролировать давление в течение относительно длительного периода времени для получения очень точных результатов. Существуют различные модели измерительных приборов: от простых механических до электронных с автоматической оценкой данных.

Характеристики:

- метод — объективная оценка;
- тестовые сигналы — отсутствуют;
- максимальный уровень фонового звукового давления — без ограничений (так как метод не является акустическим);
- временные затраты — 5 мин;
- принцип — измерение перепада давления или максимально достижимого избыточного давления.

4.4.7 Обзор различных методов испытания

В таблице 1 приведена краткая информация о различных методах испытаний.

Таблица 1 — Краткое описание различных методов испытаний

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкости звука	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Принцип	Разность уровней звукового давления	Разность уровней звукового давления	Разность порогов слышимости	Разность порогов слышимости	Разность порогов слышимости	Разность порогов слышимости	Сравнение громкости звука	Измерение низкочастотной утечки	Измерение перепада давления или максимального стабильного давления
Участие испытателя	Объективно	Объективно	Субъективно	Субъективно	Субъективно	Субъективно	Субъективно	Объективно	Объективно

Окончание таблицы 1

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкости звука	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Тестовый сигнал	Широкополосный	Широкополосный	Чистые тоны или узкополосные шумы	Узкополосные шумы	Чистые тоны или узкополосные шумы	Узкополосные шумы	Чистые тоны или узкополосные шумы	Низкочастотные тоны	Нет
Звуковое поле	Телефон	Свободное поле	Телефон	Диффузное и квазисвободное поле	Телефон	Диффузное и квазисвободное поле	Телефон	Источник звука, вставляемый в противошумный вкладыш во время испытания	Нет
Максимальный фоновый шум	70 дБ (А)	70 дБ (А)	40 дБ (А)	25 дБ (А)	40 дБ (А)	25 дБ (А)	70 дБ (А)	80 дБ (А)	Без ограничений
Измеренные частоты	От 125 до 8000 Гц	От 125 до 8000 Гц	От 125 до 8000 Гц или одна или несколько определенных частотных полос	От 125 до 8000 Гц или одна или несколько определенных частотных полос	Отдельные частоты или несколько частот, или узкополосные шумы в диапазоне от 125 до 8000 Гц	Отдельные частоты или несколько частот либо узкополосные шумы в диапазоне от 125 до 8000 Гц	От 125 до 8000 Гц	Не применяется	Не применяется
Временные затраты[a]	5 мин	5 мин	От 5 до 20 мин	От 5 до 10 мин	От 5 до 15 мин	От 5 до 10 мин	От 5 до 15 мин	5 мин	5 мин

[a] Описание временных затрат см. в 4.1.

5 Порядок действий в ходе проверки подгонки

5.1 Общие сведения

В этом разделе описаны наиболее важные аспекты методов фактического проведения различных испытаний подгонки. Критерии оценки обязан определить изготовитель средств индивидуальной защиты органа слуха.

5.2 Измерение уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE) (метод 1)

5.2.1 Звуковое поле, созданное телефоном (метод 1а)

Эта процедура применима только к противошумным вкладышам. Для измерения уровня звукового давления под противошумными вкладышами требуются испытуемые образцы со звуковым каналом. В большинстве случаев для противошумных вкладышей из пористого полиуретана и пластинчатых

противошумных вкладышей требуются замещающие образцы. В случае противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу, необходимо обеспечить доступ для измерения внутреннего звукового давления (двухканальный противошумный вкладыш).

Для проведения испытания к испытуемому противошумному вкладышу подключают два микрофона (обычно в одном блоке). Затем противошумный вкладыш вставляют в ухо испытателя. Необходимо следить за тем, чтобы не нарушить соединение между микрофоном и противошумным вкладышем. При использовании замещающих противошумных вкладышей следует позаботиться о том, чтобы добиться такого же прилегания, как и у стандартных противошумных вкладышей.

Телефон необходимо аккуратно надеть на голову, не нарушая подгонки противошумных вкладышей. Кабели микрофонов не должны вызывать утечку из-под чашек телефона. Фактическое время измерения составляет менее одной минуты при использовании широкополосного сигнала и анализе на отдельных частотных полосах. При наличии двух микрофонов для левого и правого противошумных вкладышей измерение допускается выполнять бинауральное.

Примечание — Здесь не рассматриваются измерения MIRE на имитаторе головы (последовательные, со средствами индивидуальной защиты органа слуха и без них с одним микрофоном).

Результаты допускается выражать в частотных полосах и в таком обобщающем показателе, как PAR (индивидуальном коэффициенте поглощения шума). Следует обратить внимание на то, какому коэффициенту поглощения шума по EN ISO 4869-2:2018 [8] соответствует этот обобщающий показатель. При сравнении индивидуального коэффициента поглощения шума с целевым значением необходимо учитывать погрешность измерения.

Этот процесс изображен схематично на рисунке 1.



Рисунок 1 — Блок-схема для метода 1а

5.2.2 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 1b)

Эта процедура применима как к противошумным вкладышам, так и к противошумным наушникам. В обоих случаях для замеров под средством индивидуальной защиты органа слуха допускается использовать замещающие образцы со встроенным микрофоном. Сама процедура очень похожа на ту, что описана в предыдущем разделе для MIRE с телефоном. При испытании противошумных вкладышей с применением громкоговорителя нет необходимости правильно надевать телефон. Следует позаботиться о том, чтобы испытатель находился на правильном расстоянии от громкоговорителя и лицом к нему.

Этот процесс изображен схематично на рисунке 2.



Примечание — При проведении измерений противошумных наушников эта блок-схема является примером использования замещающих образцов противошумных наушников.

Рисунок 2 — Блок-схема для метода 1b

5.3 Аудиометрический метод (метод 2)

5.3.1 Звуковое поле, созданное телефоном (метод 2a)

Эта процедура применима только к противошумным вкладышам. Необходимо измерить два порога слышимости: один с противошумными вкладышами и один без них. Последовательность измерения двух порогов слышимости допускается выбирать произвольно. Если необходимо проверить подгонку противошумных вкладышей в условиях ежедневного применения и испытатель может прийти прямо с рабочего места, то сначала следует измерить порог слышимости с закрытым ухом.

Требуется подходящий телефон со свободным объемом между ушной раковиной и чашками телефона, достаточно большими, чтобы не допустить контакта с противошумным вкладышем или нарушить его подгонку. При надевании телефона необходимо следить за тем, чтобы он не касался противошумных вкладышей. В зависимости от чашек телефона некоторые типы объемных моделей противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу (типа конха), или пластинчатые противошумные вкладыши с длинным стержнем/ручкой, возможно, придется исключить из испытания.

Определение порога слышимости должен проводить обученный персонал, чтобы обеспечить воспроизводимость результатов. Большинство аудиометров управляются вручную. Испытатель также обязан знать процедуру испытания. Порог слышимости можно определять различными способами: по нарастающей (повышение уровня звука до тех пор, пока тестовый сигнал не будет слышно), по нисходящей (понижение уровня звука до тех пор, пока тестовый сигнал станет не слышно) или методом крайних вариантов [например, метод Бекеши, уровень звука попеременно повышается и понижается; среднее значение точек обращения (наибольшее и наименьшее значения) является порогом слышимости].

Метод подвержен влиянию фонового шума. В частности, это влияет на порог слышимости с открытым ухом, смещая его к более высоким значениям, так что получаемое поглощение шума противошумным вкладышем кажется меньше, чем в действительности. В противошумных наушниках этот эффект проявляется наиболее сильно на низких частотах, при которых поглощение шума противошумными наушниками менее всего. Поэтому результаты испытания на этих частотах необходимо тщательно проверять.

В принципе, допускается провести измерения только на одной частоте (часто 500 Гц), чтобы оценить подгонку противошумного вкладыша. Однако такое измерение чревато ошибками при определении порога слышимости. Только при наличии результатов измерения на нескольких частотах можно выявить резко выпадающее значение. Лучшие результаты ожидаются при измерении на двух или трех частотах. Обычно используют комбинации частот 250 и 500 Гц или 500, 1000 и 2000 Гц.

Примечание — Измерение на одной частоте может дать лишь ограниченную информацию для прогнозирования достигнутого поглощения шума в целом.

Основными результатами являются коэффициенты поглощения шума для измеренных частот. На основании этого возможно рассчитать дополнительные значения, такие как индивидуальный коэффициент поглощения шума PAR. Аудиометры с программным обеспечением позволяют выполнять автоматическое сравнение с коэффициентами поглощения шума после испытания типового образца, введенными в программное обеспечение.

Испытания автономных аудиометров допускается проводить без дополнительных ИТ-приборов.

Этот процесс изображен схематично на рисунке 3.



Примечание – Последовательность двух отрезков для измерений «открытого» и «закрытого» уха является взаимозаменяемой.

Рисунок 3 — Блок-схема для методов 2a и 3a

5.3.2 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 2b)

Этот метод допускается применять для противошумных вкладышей и противошумных наушников (см. также 5.4.2). Когда установку используют для аудиометрии в свободном поле, то фоновый шум является ключевой проблемой. Порог слышимости с открытым ухом очень чувствителен к внешнему шуму. Это распространяется на все испытательные частоты, однако для низких частот предполагаются

максимальные уровни фонового звука из-за ограниченного поглощения шума зданиями, стенами, дверями и т. д.

Еще одним отличием от метода 2a является бинауральный подход из-за свободного звукового поля. Для каждого порога (с открытым и закрытым ухом) результат определяет соответствующее ухо с более низким порогом. Это могут быть разные уши для двух измерений. Соответственно, невозможно определить поглощение шума отдельно для каждого уха, и результат менее точен, чем при монауральном измерении с телефоном.

Этот процесс изображен схематично на рисунке 4.



Примечание — Последовательность двух отрезков для измерений «открытого» и «закрытого» уха является взаимозаменяемой.

Рисунок 4 — Блок-схема для методов 2b и 3b

5.4 Метод, сходный с аудиометрическим (метод 3)

5.4.1 Звуковое поле, созданное телефоном (метод 3a)

Эта процедура применима только к противошумным вкладышам. Так же, как и в аудиометрах, порог слышимости испытателя определяют дважды: с противошумными вкладышами и без них. Устройство для определения порога изготавливают специально, и в отдельных случаях оно может быть предназначено только для изделий одного изготовителя. Отличие от аудиометров может заключаться в тестовых сигналах (чистые тоны, узкополосные), измеряемых частотах и телефоне.

В этом случае также применяются положения 5.3 о надевании телефона, количестве частот и фоновых шумах. Порядок определения порога слышимости может быть автоматизирован и определен заранее. Кроме того, в отличие от аудиометров, подобное испытательное оборудование не нуждается в ежегодной калибровке, как медицинское оборудование.

В принципе, допускается провести измерение только на одной частоте (обычно 500 Гц), чтобы оценить подгонку противошумного вкладыша. Однако такое измерение чревато ошибками при определении порога слышимости. Только при наличии результатов измерения нескольких частот возможно

выявить резко выпадающее значение. Лучшие результаты ожидаются при измерении на двух или трех частотах. Часто используют комбинации 250 и 500 Гц или 500, 1000 и 2000 Гц.

Примечание — Измерение на одной частоте может дать лишь ограниченную информацию для прогнозирования достигнутого поглощения шума в целом.

Результаты определения поглощения шума можно представить в частотных полосах как индивидуальный коэффициент поглощения шума PAR или как другие обобщенные показатели. Поглощение шума может оцениваться применительно к коэффициентам поглощения шума, выявленным в результате испытания типового образца, или к значениям, установленным в результате внутренней проверки изделия изготовителем.

Процесс изображен схематично на рисунке 3.

5.4.2 Звуковое поле, созданное громкоговорителем (метод 3b)

Этот метод допускается применять только для противошумных наушников. По аналогии с методом 2b существенными факторами для использования данного метода, сходного с аудиометрическим, являются восприимчивость к фоновым шумам и бинауральное определение поглощения шума.

Процесс изображен схематично на рисунке 4.

5.5 Метод сравнения громкости (метод 4)

Этот метод допускается применять только для противошумных вкладышей. Это субъективный метод испытания, который не является чувствительным к фоновым шумам, так как работает гораздо выше порога слышимости. Испытатель обязан выровнять громкость тестового сигнала в обоих ушах. Для некоторых участников испытания это является сложной задачей.

Громкость можно сравнить различными способами: от разовой настройки непрерывного тестового сигнала на шкале непрерывных тестовых сигналов до использования дискретного метода крайних вариантов. Решение о проведении определенной процедуры влияет на достоверность испытания. Испытатель должен провести сравнение громкости не менее трех раз. Один раз с одним закрытым ухом для определения поглощения шума конкретным противошумным вкладышем и один раз с другим закрытым ухом или обоими закрытыми ушами для определения поглощения шума другим противошумным вкладышем.

Сравнение громкости определяет отдельные и независимые значения поглощения шума для каждого отдельного противошумного вкладыша.

По аналогии с аудиометром, как правило, измерения на одной частоте достаточно для оценки подгонки. Однако показатели на нескольких частотах позволяют лучше оценить достоверность субъективных результатов. Проверка соответствия результатов на соседних частотах действительно может повысить достоверность данных.

При измерении на нескольких частотах возможно рассчитать индивидуальный коэффициент поглощения шума PAR или сопоставимое значение.

Процесс изображен схематично на рисунке 5.

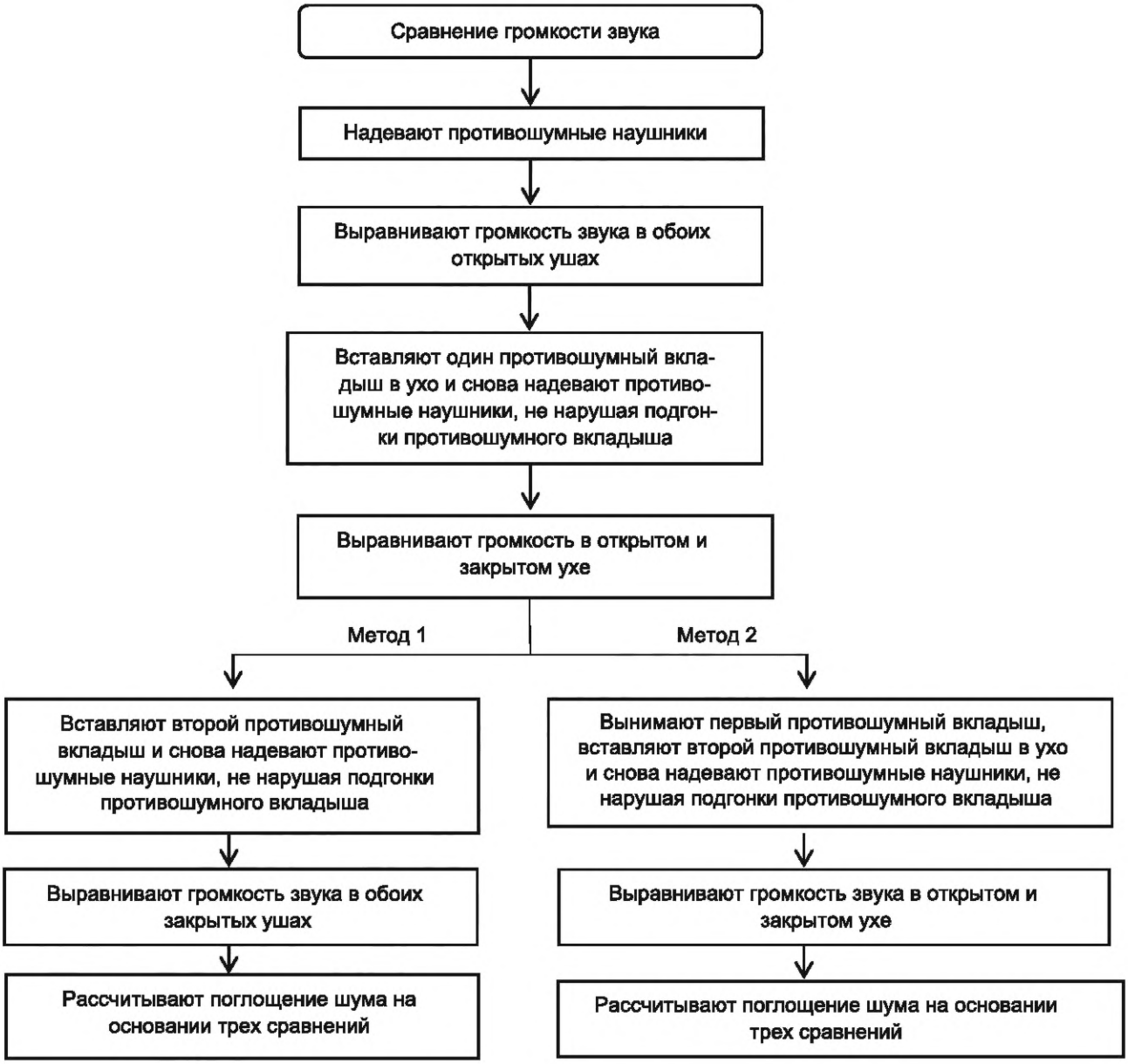


Рисунок 5 — Блок-схема для метода сравнения громкости

5.6 Испытание на утечку звука (метод 5)

Эта процедура применима только к противошумным вкладышам. Потребуются противошумные вкладыши, к которым возможно прикрепить измерительное устройство, например противошумные вкладыши, изготовленные по индивидуальному заказу. Это устройство состоит из громкоговорителя и микрофона. После установки противошумного вкладыша подают низкочастотный тестовый сигнал и в зависимости от частоты измеряют полученный уровень в слуховом канале. По уровням на разных частотах оценивают поглощение шума в низкочастотном диапазоне и, соответственно, подгонку.

Процесс изображен схематично на рисунке 6.



Рисунок 6 — Блок-схема для испытания на утечку звука

5.7 Испытание на давление (метод 6)

Это испытание допускается проводить только для противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу, для проверки герметичности. Данное испытание не определяет значение поглощения шума. Оно предоставляет данные о скорости утечки звука в виде изменения давления по времени или значение максимально достижимого стабильного избыточного или пониженного давления, которые свидетельствуют о прохождении/непрохождении испытания.

Рекомендуется проводить испытание на пустом звуковом канале, т. е. без фильтра, в диаметре минимум 1,2 мм. Если измерение необходимо проводить фильтром, то на результаты может повлиять низкая скорость прохождения воздуха через фильтр. В первую очередь это актуально для фильтров с высоким поглощением шума. Это может ошибочно указывать на низкую скорость утечки воздуха из слухового канала наружу, в то время как на самом деле давление измеряется между насосом и фильтром, т. е. не в слуховом канале за противошумным вкладышем. Это касается обоих вариантов измерения (максимально стабильное избыточное давление и скорость падения давления).

В зависимости от испытуемого образца может потребоваться переходник на воздушном шланге, который подсоединен к противошумному вкладышу. Затем вставляют противошумный вкладыш и насосом нагнетают избыточное давление в несколько мбар (максимум 30 мбар). Одной величиной для оценки эффективности герметичности является максимально стабильное избыточное или пониженное давление, которое может быть достигнуто через определенное время при определенном давлении насоса. Другой величиной является зависимость давления от времени, которая наблюдается в течение нескольких секунд после отключения от насоса, например, на графическом дисплее. Испытуемый образец выдержал испытание, если утечка в соответствии с внутренними предельными значениями измерительного прибора достаточно мала.

Испытания аналоговых измерительных приборов допускается проводить без дополнительных ИТ-приборов.

Процесс изображен схематично на рисунке 7.

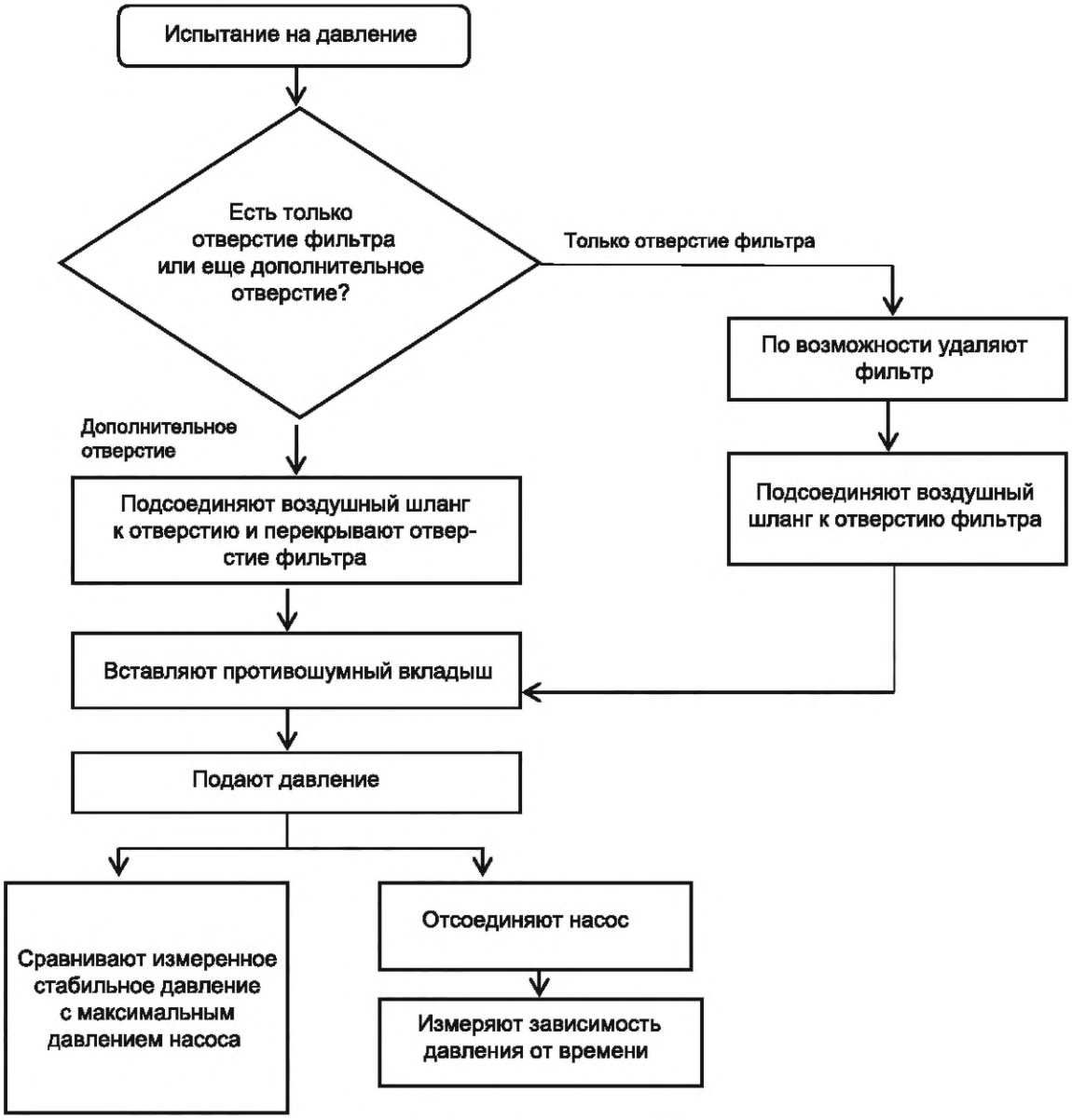


Рисунок 7 — Блок-схема для испытания на давление

6 Критерии оценки

6.1 Область применения различных методов

6.1.1 Общие сведения

Любой метод возможно применять в зависимости от поставленной цели. В таблице 2 приведены обзор различных систем и их пригодность для предполагаемых целей. Краткое объяснение целей приведено в 6.1.2—6.1.8.

Таблица 2 — Область применения для проверок подгонки

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкоговорителей	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Выбор подходящего средства индивидуальной защиты органа слуха	X	X	X	X	X	X	—	X	X
Обучение конечных пользователей	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Обучение инструкторов и руководителей	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Контроль состояния здоровья	X	X	X	X	X	X	—	X	X
Проверка надлежащего поглощения шума для обеспечения надлежащего уровня шума на рабочем месте	X	X	X[b]	X[b]	X[b]	X[b]	—	—	—
Контроль исправности противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу	X[a]	X[a]	X	X	X	X	X	X	X
Повышение информированности	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[a] Некоторые системы MIRE можно использовать только для противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу.

[b] Подходит только для испытания на всех частотах.

6.1.2 Выбор подходящего средства индивидуальной защиты органа слуха

Средства индивидуальной защиты органа слуха следует выбирать по различным критериям: поглощению шума, удобству ношения, обстановке на рабочем месте, индивидуальным потребностям, возможной необходимости в общении, возможности слышать важные звуки (см. EN 458:2016 [4]).

Если поглощение шума является наиболее важным параметром отбора, есть два способа, с помощью которых проверка подгонки может содействовать обеспечению требуемой защиты пользователя. Достигнутое эффективное поглощение шума можно сравнить с результатами лабораторных исследований, предоставленными изготовителем, или же с уровнем звукового воздействия, которому подвергается пользователь (см. приложение А).

В первом случае необходимо сократить до минимума любое отклонение от значений поглощения шума, указанных изготовителем, строго следуя инструкциям изготовителя по правильному надеванию/вставке. Если отклонения сохраняются, следует провести повторную оценку и, если возможно, выбрать подходящую альтернативу.

В последнем случае необходимо знать уровень звукового воздействия пользователя в октавных полосах либо в виде А-корректированных и С-корректированных уровней звукового давления. Важно мотивировать пользователя добиваться правильного ношения, описанного в инструкциях изготовите-

ля. Эффективное поглощение шума необходимо сравнить с уровнями звукового воздействия, чтобы убедиться, что выбран наиболее подходящий слуховой защитный аппарат: соблюдение предельных значений, без неполной защиты (повреждение слуха) и чрезмерной защиты (обеспечение связи и слышимости).

6.1.3 Обучение конечных пользователей

Изготовители обязаны предоставить полный комплект инструкций по эксплуатации к каждой самой маленькой товарной упаковке (EN 352-1:2020 [1] — EN 352-3:2020 [3]). Закон обязывает работодателей обучать конечных пользователей правильному надеванию/вставке и использованию средств индивидуальной защиты органа слуха.

Регулярная проверка подгонки позволяет убедиться, что пользователь добился такой подгонки, которая повышает вероятность ожидаемого уровня защиты. Подобное обучение имеет важное значение в самом начале использования нового средства индивидуальной защиты органа слуха и затем через регулярные интервалы времени. Повторная проверка подгонки является идеальным средством подтверждения того, что выбранное средство индивидуальной защиты органа слуха будет постоянно обеспечивать оптимальную защиту от шума на рабочем месте.

6.1.4 Обучение для инструкторов и руководителей

Людям, выдающим слуховые аппараты или контролирующим их использование, полезно знать, как определенная подгонка связана с защитным действием. Использование системы проверки подгонки позволяет человеку продемонстрировать, как правильно носить средства индивидуальной защиты органа слуха.

6.1.5 Контроль состояния здоровья или защита слуха

Незащищенные пользователи, регулярно подвергающиеся воздействию неблагоприятных уровней шума, имеют риск поражения слуха. Хорошо структурированная и документально оформленная программа проверки подгонки может помочь специалистам по охране труда и здоровья или врачу-специалисту определить причины потери слуха, вызванной шумом, включая те, которые вызваны недостаточным поглощением шума. Измерение индивидуального эффективного поглощения шума в широком диапазоне частот может быть полезным для определения эффективности выбранного средства индивидуальной защиты органа слуха.

6.1.6 Проверка надлежащего поглощения шума для обеспечения надлежащего уровня шума на рабочем месте

Иногда может казаться, что средство индивидуальной защиты органа слуха хорошо надето/вставлено, но эффективное поглощение шума может быть сильно снижено из-за размера или формы слухового канала. Поэтому сравнение между полученным индивидуальным эффективным поглощением шума и воздействием шума дает хорошее представление о защитном эффекте используемого средства индивидуальной защиты органа слуха. Измерения с помощью одной или двух тестовых частот, субъективное сравнение громкости, испытание на давление или проверка утечки звука, например, не могут дать достаточной информации для проверки того, является ли выбранное средство индивидуальной защиты органа слуха наиболее подходящим для пользователя и рабочей среды.

6.1.7 Подгонка противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу

Чтобы компенсировать возможные дефекты во время производства противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу, обязательно проводят проверку соответствия требованиям EN 352-2:2020 [2]. При передаче изделия пользователю необходимо использовать ту же процедуру, которая указана изготовителем. Если для проверки подгонки используют альтернативный метод, необходимо связаться с изготовителем противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу.

Слуховой канал может изменить форму или со временем может начать стареть акустический фильтр, в этих случаях целесообразно повторно проверять подгонку каждые 2—3 года.

6.1.8 Повышение информированности

Проверку подгонки также допускается использовать для повышения осведомленности пользователя о важности правильной подгонки противошумных наушников. Проверку подгонки проводят в самых разных местах. Для некоторых процедур требуется специальное оборудование, например звуконепроницаемые кабины, в то время как другие могут проводиться в обычной рабочей обстановке. Проверка также может быть частью обучения специалистов по охране труда, специалистов по гигиене труда и руководителей для обеспечения хорошего понимания важности правильной подгонки.

6.2 Выбор по удобному исполнению

Перед использованием некоторых систем требуется особое обращение или обучение.

Другим критерием выбора может быть необходимость в специальной обстановке для проведения испытания (помещение с максимальным фоновым шумом).

В таблице 3 представлен обзор критериев удобного использования.

Таблица 3 — Удобство использования

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкости звука	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Необходимо обучить испытателя	—	—	X	X	X	X	X	—	—
Допускается использовать при максимальном фоновом шуме до 70 дБ (А)	X	X	—	—	—	—	X	X	X
Допускается использовать только при максимальном фоновом шуме до 40 дБ (А)	—	—	X	—	X	—	—	—	—
Допускается использовать только при максимальном фоновом шуме до 25 дБ (А)	—	—	—	X	—	X	—	—	—

6.3 Индивидуальная поддержка сотрудников с нарушениями слуха

Проверка подгонки полезна для всех людей, подвергающихся воздействию вредных уровней шума. Люди с нарушениями слуха обязаны соблюдать особую осторожность.

На выбранный метод испытания подгонки не должны влиять нарушения слуха.

Аудиометрическая процедура может привести к проблемам с обнаружением сигнала в закрытом ухе, если максимальный выходной уровень системы слишком низкий, чтобы компенсировать смещение порога слышимости и поглощение шума средством индивидуальной защиты органа слуха.

Кроме того, для людей с нарушениями слуха может стать проблемой повторяющееся сравнение громкости. Поэтому возможно предположить, что пользователь с нарушением слуха испытывает трудности при использовании системы для сравнения громкости. В таблице 4 приведен обзор влияния индивидуальной остроты слуха.

Таблица 4 — Влияние индивидуальной остроты слуха

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкости звука	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Применяется лицами с потерей слуха	X	X	X[a]	X[a]	X[a]	X[a]	—	X	X
[a] Применимость данной процедуры зависит от индивидуальной потери слуха и измеренных частот.									

6.4 Применимость методов для различных типов средств индивидуальной защиты органа слуха

Некоторые методы испытаний подгонки разработаны для использования только с ограниченным числом типов средств индивидуальной защиты органа слуха. Некоторые из них предназначены специально для противошумных вкладышей, изготовленных по индивидуальному заказу. За дополнительной информацией следует обратиться к изготовителю. В таблице 5 приведен обзор применимости отдельных способов проверки подгонки в зависимости от используемых средств защиты органа слуха.

Таблица 5 — Обзор применимости отдельных способов проверки подгонки в зависимости от используемых средств индивидуальной защиты органа слуха

Описание метода	Измерения уровня звука с микрофоном в ухе человека (MIRE)		Аудиометрический метод		Метод, сходный с аудиометрическим		Сравнение громкости звука	Испытание на утечку звука	Испытание на давление
Этап испытания	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем	с телефоном	с громкоговорителем			
Применимо для любого типа средства индивидуальной защиты органа слуха	X[b,c]	X[c]	X[b]	X	X[b]	X	X[b]	—	—
Применимо для противошумных вкладышей	—	X[c]	—	X	—	X	—	—	—
Применимо для противошумных наушников	—	X[a,c]	—	X	—	X	—	—	—
Требуется противошумный вкладыш с отверстием (например, для фильтра или вставных наушников)	X[c]	X[c]	—	—	—	—	—	X	X

[a] С некоторыми системами MIRE можно проверить противошумные наушники.

[b] Объемные модели противошумных вкладышей могут не поместиться под телефоном. Необходимо следить за тем, чтобы телефон не нарушал подгонку противошумного вкладыша.

[c] Некоторые системы MIRE можно использовать только со специально подобранными испытуемыми образцами.

7 Периодичность проверки подгонки

7.1 По окончании проверки состояния здоровья лиц, носящих средства индивидуальной защиты органа слуха, необходимо проверить подгонку средства защиты перед его использованием.

Согласно национальным или местным нормам периодически необходимо повторять проверку подгонки. Рекомендуется делать это регулярно, например каждый год.

7.2 Подгонку необходимо повторно проверить и в том случае, если у человека изменились обстоятельства, которые могут повлиять на средство индивидуальной защиты органа слуха, например:

a) сильно изменилась масса тела;

b) изменилось лицо в области ушной раковины (например, появились шрамы, проведена операция на ухе);

c) сделан пирсинг уха, надеты украшения для ушей.

8 Неопределенность

8.1 Общие факторы для неопределенности проверки подгонки

Неопределенность является суммой нескольких факторов, таких как, например, изменчивость системы и технология надевания/установки. Различия системы возникают за счет включенности в процесс испытателя, замены этого испытателя, ведения протокола испытания, влияния испытательного оборудования, окружающих шумов и т. д. Данные различия объяснены для каждого метода испытания далее в подразделах. Технология надевания/вставки может быть улучшена практическим путем и зависит от опыта и анатомии пользователя.

В целом при определении неопределенности измерений учитывают точность и прецизионность. В настоящем стандарте точность измерения не рассматривают.

Прецизионность обычно состоит из повторяемости и воспроизводимости. Повторяемость — это прецизионность в условиях, когда результаты независимых испытаний получены с помощью одной и той же процедуры на идентичных образцах в одной лаборатории одним испытателем с использованием одного оборудования в течение короткого промежутка времени. Воспроизводимость — это прецизионность в условиях, когда результаты испытаний получены на идентичных образцах с использованием одной и той же процедуры в разных лабораториях разными испытателями и на разном оборудовании.

В ходе применения этих определений к системам для проверки подгонки получают следующие условия:

- повторяемость — средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/устанавливают один раз, а затем измеряют несколько раз без дальнейших изменений;
- воспроизводимость — средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/устанавливают несколько раз, а затем измеряют один раз для каждой подгонки.

Кроме того, для особого применения систем проверки подгонки возможно определить третью конфигурацию, которая называется «воспроизводимостью для идентичной подгонки». Это означает, что средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/вставляют один раз, а затем несколько раз проводят измерения, при этом измерительное устройство снова подсоединяют или телефон надевают и подгоняют заново для каждого измерения. Пример протокола для определения неопределенности измерений приведен в приложении В.

Некоторые факторы, влияющие на неопределенность измерения, являются общими или применимы к нескольким процедурам измерения.

В целом вариабельность системы при проведении объективных процедур меньше по сравнению с субъективными процедурами. Измерение порога слышимости в субъективных процедурах лучше поддается воспроизведению, чем сравнение громкости.

Точки отсчета для повторяемости методов испытаний задаются в результате нескольких измерений с одинаковой подгонкой. Некоторые методы могут изменить подгонку во время измерения, что уменьшает повторяемость.

На измерение сильно влияет подгонка и возникающая в результате утечка. Каждое измерение дает лишь моментальный снимок текущей ситуации. Рекомендуют повторные измерения.

Если обобщающий показатель поглощения, например PAR, рассчитывают и используют в сочетании с А-корректированным суммарным уровнем [а не как значение SNR (одиночный показатель поглощения шума) с С-корректированным уровнем], то возникает неопределенность на остаточном уровне для звуков с различным содержимым частоты при одном и том же А-корректированном суммарном уровне. Спектральная неопределенность может быть указана в протоколе испытаний системы.

8.2 Особые факторы, относящиеся к неопределенности для различных методов испытаний подгонки

8.2.1 Метод MIRE

- Поправочные коэффициенты для передаточной функции наружного уха.

Примечание 1 — Системы, использующие поправочные коэффициенты для влияния геометрии уха (поглощение шума на имитаторе головы по сравнению со снижением шума), не могут учитывать индивидуальные характеристики каждого испытателя, а используют усредненные поправочные значения, которые имеют погрешность. Она также переносится на конечный результат;

- использование замещающих противошумных вкладышей.

Примечание 2 — Эти противошумные вкладыши могут привести к другой подгонке средства индивидуальной защиты органа слуха из-за встроенной трубки зонда. Желательно использовать тонкие и гибкие трубки;

- поглощение шума акустическим зондом.

Примечание 3 — Если звукоизоляция слишком низкая по сравнению с поглощением шума испытуемым средством индивидуальной защиты органа слуха, то на сигнал, измеренный под средством индивидуальной защиты органа слуха, могут повлиять внешние шумы;

- невозможно учесть прямую костную проводимость.

Примечание 4 — Прямая костная проводимость касается звуков, которые передаются во внутреннее ухо через костную ткань. Это имеет значение только в том случае, если поглощение шума чрезвычайно высокое, например, в сочетании противошумных вкладышей и противошумных наушников;

- погрешность измерения используемых микрофонов.

Примечание 5 — Влияние этого фактора является незначительным.

8.2.2 Аудиометрические методы

- Количество испытательных частот.

Примечание 1 — Если используется менее трех частот, то точность процедуры заметно снижается. Рекомендуется выбирать низкие тестовые частоты (125, 250 и 500 Гц), которые, как известно, чувствительны к утечке. В идеале испытания необходимо проводить для всех октавных полос (от 125 до 8000 Гц);

- влияние окружающих шумов.

Примечание 2 — Если аудиометрию проводят в свободном поле, то это влияние гораздо сильнее, чем в системах с телефоном;

- способность испытателя воспроизвести порог слышимости;
- протокол определения порога слышимости [например, по нарастающей относительно крайних вариантов (метод Бекеши)].

Примечание 3 — Повторное определение порога и ознакомление с методом испытания уменьшают неопределенность;

- автоматическое и ручное определение порога слышимости.

Примечание 4 — Ручное определение может негативно повлиять на результаты;

- эффект окклюзии.

Примечание 5 — Систематическая ошибка из-за физиологической маскировки усиливается эффектом окклюзии;

- влияние звона в ушах.

Примечание 6 — Звон в ушах может повысить порог слышимости.

8.2.3 Метод, сходный с аудиометрическим

- Применяются все примечания в 8.2.2;
- возможная нелинейность системы.

Примечание — Требования к калибровке таких систем отсутствуют. Если система не изменяется линейно по всему диапазону уровней звукового давления, необходимого для определения порогов слышимости с открытым и закрытым ухом, то разница между порогами слышимости с открытым и закрытым ухом может быть неверной.

8.2.4 Сравнение громкости звука

- Способность испытателя выравнивать громкость между двумя ушами.

Примечание 1 — Некоторым испытуемым может быть трудно воспринимать разницу в громкости;

- системные процедуры, обеспечивающие стабильность результатов;
- разница в восприятия на слух при открытом и закрытом ухе.

Примечание 2 — Тестовые сигналы могут звучать по-разному в зависимости от того, открыто ухо или закрыто;

- разница в восприятии правым и левым ухом.

Примечание 3 — Асимметричная потеря слуха может затруднить восприятие разного звучания на слух между правым и левым ухом.

8.2.5 Испытание на утечку звука

- Зависимость между измеренными значениями в ухе и критериями прохождения/непрохождения испытания;
- правильное подсоединение измерительного зонда;
- погрешность измерения используемых микрофонов.

Примечание — Влияние этого фактора очень незначительное.

8.2.6 Испытание на давление

- Правильное подсоединение напорной трубки к противошумным вкладышам;
- удлинение воздушной трубки;
- закрытие звукового канала;
- значения давления (насоса), используемые для измерения;
- продолжительность измерения;
- расход воздуха в фильтре (см. 5.7);
- не подходит в случае повреждения барабанной мембраны (перфорация барабанной мембраны);
- зависимость между измеренными параметрами и критериями прохождения/непрохождения испытания.

8.3 Количественный подход

8.3.1 Метод MIRE

Неопределенность корректировки за счет передаточной функции наружного уха оценивается в 0,7 дБ (коэффициент охвата k = 1) в соответствующем стандарте EN ISO 11904-1:2002 [12]. Общая неопределенность, включая неопределенность микрофона, оценивается в 1,1 дБ.

Тот факт, что влияние средства индивидуальной защиты органа слуха на прямую костную проводимость не учитывается, приводит вместе с маскировкой физиологическим шумом во время измерения по REAT к преуменьшению поглощения шума для октавных полос 125 и 250 Гц по сравнению со значениями REAT. Получаемое в результате отклонение обоих методов увеличивается по мере поглощения шума средством индивидуальной защиты органа слуха от 5 до 9 дБ в октавной полосе 125 Гц и от 0 до 5 дБ в октавной полосе 250 Гц [18], [19]. Выше 500 Гц это отклонение пренебрежимо мало. Данное влияние можно учесть, применяя в расчетах поправочный коэффициент.

Если в системах MIRE используют поправочные коэффициенты для отличий методов REAT и MIRE, это добавляет еще одну сумму в бюджет неопределенности. Поправочные коэффициенты определяют за счет сравнения средних значений группы для REAT и соответствующих значений MIRE на каждой частоте. Поэтому они содержат неопределенность из-за распределения внутри измеренных групп, которая переносится на конечный результат индивидуального ослабления звука [20].

8.3.2 Аудиометрические системы

Эти системы основаны на разнице между порогом слышимости со средством защиты и без него. Поэтому неопределенность поглощения шума ниже, чем неопределенность одного порога слышимости. Систематические ошибки компенсируются, если ситуация измерения остается постоянной для обоих измерений.

На неопределенность существенно влияет выбор и количество измеряемых частот. Измерение более низких частот позволяет лучше оценить утечку. Большее число частот повышает достоверность результатов.

Типичные значения повторяемости равняются от 3 до 4 дБ (стандартное отклонение для отдельных частот).

8.3.3 Системы, сходные с аудиометрическими

Эти системы называют «сходными с аудиометрическими», поскольку измеряемый порог слуха определяется с помощью быстрой процедуры (например, в результате остановки усиливающегося звука, частота которого может дополнительно изменяться, или с помощью метода крайних значений). Следовательно, на них влияют те же источники неопределенности, что и на аудиометрию (см. 8.3.2), и их неопределенность, вероятно, даже выше, чем у классической аудиометрии. Эти методы хорошо коррелируют с REAT, но имеют относительно большую неопределенность (от ±2 до ±4 дБ [21], от ±7 до ±9,5 дБ [25]).

Примечание — В настоящее время разработано всего несколько систем, и неопределенность была оценена только для двух устройств [21], [25].

8.3.4 Сравнение громкости звука

Неопределенность в основном возникает из-за отсутствия у пользователя возможности регулировать громкость.

Примечание — Сравнение громкости было изучено на основании трех исследований [23]—[25]. В [25] был сделан вывод, что не все люди обладают способностью согласовывать восприятие между двумя ушами, поэтому процедура была отклонена. В [23] было отмечено большое стандартное отклонение, и процедура также была отклонена, так как при плохой подгонке возможны ложноположительные результаты. Единственное исследование [24], которое дало положительную оценку, выявило индивидуальную неопределенность коэффициента PAR в диапазоне от +5 до –30 дБ, т. е. очень сильно зависит от человека.

8.3.5 Испытание на утечку звука

Очевидно, что повторяемость испытания на утечку звука может составлять менее 1 дБ от измерения к измерению.

8.3.6 Испытание на давление

Повторяемость испытания на давление (многократное измерение без повторного введения противошумного вкладыша) составляет от 2 % до 5 % (связано с измеренной скоростью утечки). Воспроизводимость (с повторной установкой) составляет около 10 % [27].

Примечание — Существует лишь несколько измерительных систем, которые позволяют калибровать датчик давления, чтобы можно было определить абсолютные значения избыточного давления.

9 Протокол испытаний

Протокол испытаний подгонки должен содержать как минимум следующую информацию:

a) дату испытания;

b) место испытаний;

c) идентификацию лица, проводящего испытание, и его работодателя/название компании;

d) название и адрес компании испытателя, участвующего в испытании подгонки;

e) идентификацию испытателя, участвующего в испытании подгонки;

f) детали, однозначно идентифицирующие средство индивидуальной защиты органа слуха, такие как тип, модель и материал, — опционально возраст проверки средства индивидуальной защиты органа слуха.

Примечание — Если фильтр влияет на результат испытания, возможно указать фильтр и при необходимости его настройку;

g) подробные сведения для определения всех используемых во время про-верки подгонки средств индивидуальной защиты (СИЗ), потенциально влияющих на результат испытания: оптические очки, защитные очки, средства индивидуальной защиты органов дыхания и т. д.;

h) используемые методы испытаний подгонки или информация о них, находя-щаяся в открытом доступе:

1) вид испытания,

2) метод испытания,

3) калибровка,

4) минимальные требования или условия испытания для успешного проведения проверки, например максимальный уровень фонового шума,

5) критерии прохождения/непрохождения,

6) серийный номер или другие средства идентификации оборудования, использованного для испытания,

i) результаты: пройдено/не пройдено, результаты измерения или другая полученная информация;

j) корректирующие действия в случае непройденной проверки подгонки;

k) любая другая информация, которую эксперт сочтет необходимой;

l) подпись лица, проводящего испытание, подтверждающая действительность документа.

Приложение А
(справочное)

Сравнение целевых значений

А.1 Общие сведения

Если для проверки подгонки используют систему, которая определяет значения поглощения шума, то их можно оценить, используя в качестве контрольных данных подходящие эталонные значения. Различают две различные концепции эталонных значений:

- значения поглощения шума, полученные в ходе испытания типового образца, либо в виде значений октавных полос, либо в виде расчетных величин, таких как значения HML и SNR;
- остаточный уровень для уха, например предельные значения воздействия или эргономические критерии.

А.2 Значения поглощения шума по результатам испытания типового образца

А.2.1 Общие сведения

Этот подход направлен на проверку характеристик звуковой мощности самого средства индивидуальной защиты органа слуха без учета конкретного рабочего места, где оно используется.

Значения, используемые для выбора средств индивидуальной защиты органа слуха, обычно приводятся при степени защиты (см. EN ISO 4869-2:2018 [8]) 84 %, т. е. $\alpha = 1$. Например, значения предполагаемой величины защиты (APV, допустимый показатель защиты) в октавных полосах рассчитывают как среднее значение минус стандартное отклонение. Аналогично значения HML (значения поглощения шума для высоких, средних и низких частот) или SNR определяют путем вычитания стандартного отклонения 16 отдельных значений HML и SNR из среднего значения. Это означает, что следует предположить, что эти показатели поглощения шума достигаются или превышаются у 84 % пользователей; остальные 16 % достигнут более низких значений. Это следует учитывать, если отдельные результаты сравнивают со значениями типовых испытаний.

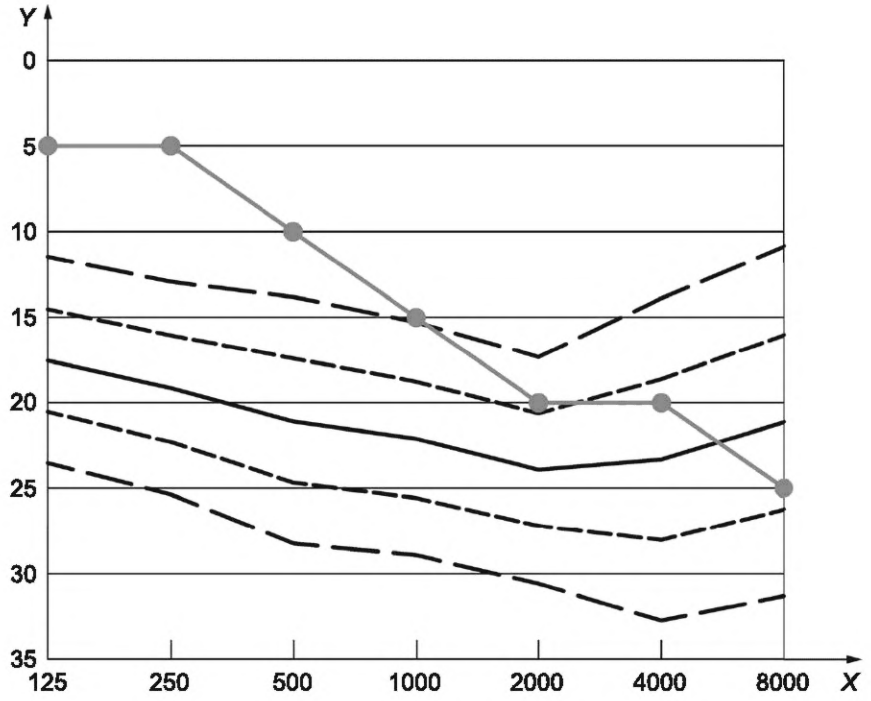
Для $\alpha = 2$ достигается степень защиты 98 %, т. е. только 2 % от выборки достигнут значений поглощения шума ниже значения 98 %. Расчет производится аналогично значениям 84 %, поэтому (например) APV_{98} = среднее значение минус 2 стандартных отклонения.

Другой аспект: должны ли отдельные значения превышать только минимальные значения (например, APV_{98}) или же должен быть достигнут целевой коридор. Это также исключит излишне высокие показатели поглощения шума. Так же, как и для нижнего предельного значения $\alpha = 2$, можно определить верхнее предельное значение $\alpha = -2$ (т. е. объем защитного действия 2 %).

А.2.2 Значения октавных полос

Большинство доступных систем для измерения поглощения шума предоставляют результаты в частотных полосах. Количество доступных частотных полос может отличаться. Числовые значения можно сравнить с подходящими целевыми значениями, как описано в А.2.1 (APV_{84} или APV_{98}). Утечки проявляются в основном в низкочастотном диапазоне.

Кроме того, графическое сравнение может быть полезным, так как оно обеспечивает обзор всего диапазона частот. Это позволяет лучше идентифицировать резко выпадающие значения на отдельных частотах. Диаграмма должна включать индивидуальные данные и целевые значения в виде предельного значения или коридора значений, причем надлежащий объем защитного действия составляет 84 % или 98 %. Пример приведен на рисунке А.1.



X — частота колебаний, Гц; Y — поглощение шума в дБ; ——— — среднее значение;
– – – — среднее значение ±1 стандартное отклонение;
— — — среднее значение ±2 стандартных отклонения;
—●— — индивидуальное значение

Рисунок А.1 — Пример графического представления индивидуальных значений поглощения шума по сравнению с результатами типового испытания (среднее значение и объемы защитного действия от 84 % и 98 %)

Некоторые системы предполагают быструю проверку только с одной октавной полосой, часто 500 Гц. Это позволяет лишь приблизительно оценить эффективность средства индивидуальной защиты органа слуха, в частности, для субъективного метода проверки на основании неопределенности измерения и использования только единственной точки данных. В принципе, измеренное значение можно сравнить с соответствующим диапазоном частот, полученным при типовом испытании, принимая во внимание требуемый объем защитного действия. Еще более недостоверным является определение общего защитного действия изделия (аналогично значению SNR) на основе только одного результата измерения. Хотя обычно существует зависимость между отдельными частотными полосами и обобщающими показателями, такими как HML и SNR, фактическая связь зависит от формы кривой поглощения шума, и поэтому она отличается для каждого средства индивидуальной защиты органа слуха.

А.2.3 Значения HML и SNR

Некоторые измерительные системы могут предоставлять индивидуальные эквиваленты значений HML и SNR для типовых испытаний. Распространенным значением является значение PAR (индивидуальный коэффициент поглощения шума), которое основано на концепции значения SNR.

Эти цифры напрямую схожи со значениями HML и SNR, полученными в ходе типового испытания, учитывая, что последние основаны на объеме защитного действия 84 %. Если требуется уровень 98 %, то необходимо провести дополнительный расчет.

По схожему способу пользователь получает индивидуальные эквиваленты для HML или SNR, если система измерения предоставляет результаты только для октавной полосы.

Для идентификации утечки, особенно выраженной на низких частотах, L-значение может быть наиболее подходящим, так как другие значения H, M и SNR определяются значениями поглощения шума на средних и высоких частотах и поэтому менее чувствительны к снижению мощности ниже 1000 Гц.

Если измерительные системы не охватывают весь диапазон частот от 125 до 8000 Гц, значения HML и SNR для ограниченного диапазона частот могут быть рассчитаны с учетом только измеренных частотных полос по формулам EN ISO 4869-2:2018 [8]. Эти индивидуально полученные значения необходимо сравнить с соответствующими зна-

чениями, полученными в ходе типовых испытаний, т. е. расчет для ограниченного диапазона частот необходимо повторить для данных типовых испытаний.

В качестве примера можно рассмотреть данные на рисунке А.1. Здесь, как и в типовом испытании, охвачен весь диапазон частот. В результате L-значение для отдельных данных составляет 8 дБ, в то время как L_{84} для результатов типового испытания составляет 17 дБ, а L_{98} — 14 дБ (см. таблицу А.1). Если учитывать диапазон частот от 500 до 4000 Гц, то индивидуальное L-значение повышается до 13 дБ, в то время как L_{84} для ограниченного диапазона частот составляет 18 дБ, а L_{98} — 15 дБ (см. таблицу А.2). Из этого видно, что эффект утечки лучше заметен во всем диапазоне частот.

Таблица А.1 — L-значения для данных, показанных на рисунке А.1, от 125 до 8000 Гц

Тип коэффициента поглощения шума	дБ
Индивидуальное значение L	8
L_{84} по данным типового испытания	17
L_{98} по данным типового испытания	14

Таблица А.2 — L-значения для данных, представленных на рисунке А.1, для ограниченного диапазона частот от 500 до 4000 Гц

Тип коэффициента поглощения шума	дБ
Индивидуальное значение L	13
L_{84} по данным типового испытания	18
$15L_{98}$ по данным типового испытания	15

А.3 Уровень остаточного звука в ухе

Наряду со сравнением чистых коэффициентов поглощения шума (индивидуально измеренных по сравнению с типовым испытанием) можно рассчитать остаточный уровень в ухе и сравнить его с целевыми значениями. Возможные целевые значения — это либо предельные значения воздействия на основании директив [например, 87 дБ (А) для ежедневного уровня шумового воздействия], либо желаемый диапазон [например, диапазон от 70 дБ (А) до 80 дБ (А)].

Для расчета остаточного значения необходимы индивидуальные уровни шумового воздействия либо в октавных полосах, либо в виде А-корректированного или С-корректированного уровня звукового давления. В зависимости от доступных измерений уровня звукового давления можно рассчитать остаточный уровень в соответствии с процедурами EN ISO 4869-2:2018 [8] с использованием метода октавных полос, метода HML, испытания HML или метода SNR с соответствующими индивидуальными данными по звукоизоляции, как описано в А.2.

Такой подход позволяет оценить риск повреждения слуха, но без учета того, правильно ли используется средство индивидуальной защиты органа слуха. Если средство индивидуальной защиты органа слуха с высокой степенью поглощения шума надето/вставлено неправильно, что приводит к значительному снижению поглощения шума (обычно с утечкой низкочастотного звука), остаточный уровень в ухе — в зависимости от величины воздействия — может быть достаточным. Испытатель может быть достаточно защищен, однако использует средство индивидуальной защиты органа слуха с нарушениями.

Приложение В
(справочное)

Пример для протокола определения неопределенности измерений

Как и для любого результата измерения, в этом случае также необходимо указать соответствующую неопределенность измерения.

Рекомендуется следующий порядок действия:

- средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/вставляют один раз, а затем без дополнительных изменений (повторяемость) измеряют не менее пяти раз для каждого из 10 испытателей.

Примечание — Эти измерения можно провести для сравнения громкости звука;

- средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/вставляют один раз, а затем измеряют не менее пяти раз для каждого из 10 испытателей, причем при необходимости могут быть заново подсоединены измерительные устройства (воспроизводимость для идентичной подгонки);
- средство индивидуальной защиты органа слуха надевают/вставляют не менее пяти раз для каждого из 10 испытателей, и измерение проводят после каждого надевания/вставки (воспроизводимость).

Следует позаботиться о том, чтобы 10 испытателей были выбраны обычным образом по анатомии уха и головы из числа пользователей средств индивидуальной защиты органа слуха.

Если доступны измерения с частотным разрешением, анализ измерений, описанных выше, необходимо выполнить для каждого частотного диапазона. Если система предоставляет один обобщенный показатель (например, PAR, индивидуальный коэффициент поглощения шума), этот параметр также необходимо проанализировать.

Для всех изученных конфигураций из приведенного выше списка необходимо выполнить следующие действия:

- расчет стандартного отклонения по пяти индивидуальным измерениям для каждого испытателя;
- вычисление среднего значения стандартных отклонений для 10 испытателей.

Значения неопределенности измерения для всех вышеназванных ситуаций необходимо указать для каждого отдельного результата измерения.

Библиография

[1] EN 352-1:2020, Hearing protectors — General requirements — Part 1: Earmuffs (Средства защиты органа слуха. Общие требования. Часть 1. Наушники)

[2] EN 352-2:2020, Hearing protectors — General requirements — Part 2: Earplugs (Средства защиты органа слуха. Общие требования. Часть 2. Противошумные вкладыши)

[3] EN 352-3:2020, Hearing protectors — General requirements — Part 3: Earmuffs attached to head protection and/or face protection devices (Средства защиты органа слуха. Общие требования. Часть 3. Наушники, совмещенные со средствами защиты головы и/или лица)

[4] EN 458:2016, Hearing protectors — Recommendations for selection, use, care and maintenance — Guidance document (Средства защиты органа слуха. Рекомендации по выбору, применению, уходу и хранению. Руководящий документ)

[5] EN 60645-1:2017, Electroacoustics — Audiometric equipment — Part 1: Equipment for pure-tone and speech audiometry [Электроакустика. Аудиологическое оборудование. Часть 1. Аудиометры, работающие по методу чистого тона (IEC 60645-1:2017)]

[6] EN 60318-4:2010, Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts (IEC 60318-4:2010) [Электроакустика. Имитаторы человеческой головы и уха. Часть 4. Имитаторы внутреннего уха для измерения характеристик телефонов, соединяемых с ухом посредством ушных вкладышей (IEC 60318-4:2010)]

[7] EN ISO 4869-1:2018, Acoustics — Hearing protectors — Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation (ISO 4869-1:2018) [Акустика. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Часть 1. Субъективный метод измерения поглощения шума (ISO 4869-1:2018)]

[8] EN ISO 4869-2:2018, Acoustics — Hearing protectors — Part 2: Estimation of effective A-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn (ISO 4869-2:2018) [(Акустика. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Часть 2. Определение эффективных А-корректированных уровней звукового давления при использовании средств защиты органа слуха (ISO 4869-2:2018)]

[9] EN ISO 4869-3:2007, Acoustics — Hearing protectors — Part 3: Measurement of insertion loss of ear-muff type protectors using an acoustic test fixture (ISO 4869-3:2007) [(Акустика. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Часть 3. Измерение акустической эффективности противошумных наушников с использованием устройства для акустических испытаний (ISO 4869-3:2007)]

[10] EN ISO 8253-1:2010, Acoustics — Audiometric test methods — Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry (ISO 8253-1:2010) [(Акустика. Аудиометрические методы испытаний. Часть 1. Чистотональная аудиометрия проведения звука по воздуху и по кости (ISO 8253-1:2010)]

[11] EN ISO 8253-2:2009, Acoustics — Audiometric test methods — Part 2: Sound field audiometry with pure-tone and narrow-band test signals (ISO 8253-2:2009) [Акустика. Аудиометрические методы испытаний. Часть 2. Аудиометрия в звуковом поле с использованием чистых тонов и узкополосных испытательных сигналов (ISO 8253-2:2009)]

[12] EN ISO 11904-1:2002, Acoustics — Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear — Part 1: Technique using microphone in real ear (MIRE-technique) (ISO 11904-1:2002) [Акустика. Определение излучения близко расположенных к уху источников звука. Часть 1. Метод с использованием микрофона внутри уха (способ MIRE) (ISO 11904-1:2002)]

[13] ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions [Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения]

[14] ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) [Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (GUM:1995)]

[15] ANSI S3.20-2015, Bioacoustical Terminology

[16] ANSI S12.42-2010, Methods for the Measurement of Insertion Loss of Hearing Protection Devices in Continuous or Impulsive Noise Using Microphone-in-Real-Ear or Acoustic Test Fixture Procedures

[17] ANSI S12.71-2018, Performance Criteria for Systems that Estimate the Attenuation of Passive Hearing protectors for Individual Users

[18] BERGER E.H. Methods of measuring the attenuation of hearing protection devices. J. Acoust. Soc. Am. 1986 июнь, 79 (6)

[19] BERGER E.H. et al. Hearing protection: Limits to attenuation. J. Acoust. Soc. Am. 2003 октябрь, 114 (4)

[20] BERGER E.H., Voix, J., Kieper R.W., Le Cocq C. Development and validation of a field microphone-in- real-ear approach for measuring hearing protector attenuation. Noise & Health 13 (2011) № 51, стр. 163—175

[21] BYRNE D. C. et al. Inter-laboratory comparison of three earplug fit-test systems. J. Occup. Environ. Hyg. 2017 апрель, 14 (4), стр. 294—305

[22] DANTSCHER S., SICKERT P. Comparison of assessment criteria for the individual sound attenuation of hearing protectors. Lärmbekämpfung Bd. 10 (2015) № 2 — March

[23] FRANCKS J.R. et al. Alternative Field Methods for Measuring Hearing protector Performance. AIHA J. (Fairfax, Va.). 2003, 64, стр. 501—509

[24] SCHULZ Y.T. Individual fit-testing of earplugs: a review of uses. Noise Health. 2011, 13 (51), стр. 152—162

[25] TROMPETTE N. et al. Suitability of commercial systems for earplug individual fit testing. Appl. Acoust. 2015 апрель 1, 90, стр. 1—180

[26] WEIß R. personal communication

[27] VOIX J., LAVILLE F. The objective measurement of individual earplug field performance. J. Acoust. Soc. Am. 2009. DOI:10.1121/1.3125769

[28] BERGER E.H. Evaluation of variability in real-ear attenuation testing using a unique database — 35 years of data from a single laboratory. J. Acoust. Soc. Am. 2014 (октябрь). DOI:10.1121/1.4899696

УДК 614.892:006.354 МКС 13.340.20 IDT

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты органа слуха, испытания индивидуальной подгонки средств индивидуальной защиты, поглощение шума, снижение шума, противошумные наушники, противошумные вкладыши

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 17.10.2024. Подписано в печать 29.10.2024. 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