

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

H.870

(03/2022)

СЕРИЯ Н: АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ
И МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Мультимедийные системы, услуги и приложения
электронного здравоохранения –
Безопасное прослушивание

**Руководящие принципы реализации
безопасных устройств/систем
прослушивания**

Рекомендация МСЭ-Т H.870

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Н
АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДЕОТЕЛЕФОННЫХ СИСТЕМ	Н.100–Н.199
ИНФРАСТРУКТУРА АУДИОВИЗУАЛЬНЫХ СЛУЖБ	
Общие положения	Н.200–Н.219
Мультиплексирование и синхронизация при передаче	Н.220–Н.229
Системные аспекты	Н.230–Н.239
Процедуры связи	Н.240–Н.259
Кодирование подвижных видеоизображений	Н.260–Н.279
Сопутствующие системные аспекты	Н.280–Н.299
Системы и оконечное оборудование для аудиовизуальных услуг	Н.300–Н.349
Архитектура услуг справочника для аудиовизуальных и мультимедийных услуг	Н.350–Н.359
Качество архитектуры обслуживания для аудиовизуальных и мультимедийных услуг	Н.360–Н.369
Телеприсутствие, среда с эффектом присутствия, виртуальная и расширенная реальность	Н.420–Н.439
Дополнительные услуги для мультимедиа	Н.450–Н.499
ПРОЦЕДУРЫ МОБИЛЬНОСТИ И СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ	
Обзор мобильности и совместной работы, определений, протоколов и процедур	Н.500–Н.509
Мобильность для мультимедийных систем и услуг серии Н	Н.510–Н.519
Приложения и услуги мобильной мультимедийной совместной работы	Н.520–Н.529
Защита мобильных мультимедийных систем и услуг	Н.530–Н.539
Защита приложений и услуг мобильной мультимедийной совместной работы	Н.540–Н.549
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ШЛЮЗЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ (ИТС)	
Архитектура автомобильных шлюзов	Н.550–Н.559
Интерфейсы автомобильных шлюзов	Н.560–Н.569
ШИРОКОПОЛОСНЫЕ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ TRIPLE-PLAY УСЛУГИ	
Предоставление широкополосных мультимедийных услуг по VDSL	Н.610–Н.619
Усовершенствованные мультимедийные услуги и приложения	Н.620–Н.629
Доставка контента и приложения повсеместно распространенных сенсорных сетей	Н.640–Н.649
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ УСЛУГИ IPTV И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ IPTV	
Общие аспекты	Н.700–Н.719
Оконечные устройства IPTV	Н.720–Н.729
Промежуточное ПО для IPTV	Н.730–Н.739
Обработка событий приложений IPTV	Н.740–Н.749
Метаданные IPTV	Н.750–Н.759
Структуры мультимедийных приложений IPTV	Н.760–Н.769
Обнаружение услуги IPTV вплоть до ее использования	Н.770–Н.779
Цифровой информационный экран	Н.780–Н.789
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ, УСЛУГИ И ПРИЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ	
Системы персонального медицинского обслуживания	Н.810–Н.819
Проверка соответствия на функциональную совместимость систем персонального медицинского обслуживания (HRN, PAN, LAN, TAN и WAN)	Н.820–Н.859
Услуги обмена мультимедийными данными электронного здравоохранения	Н.860–Н.869
Безопасное прослушивание	Н.870–Н.879

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т Н.870

Руководящие принципы реализации безопасных устройств/ систем прослушивания

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т Н.870 описаны требования к безопасным устройствам и системам прослушивания, называемым персональными/переносными звуковоспроизводящими системами, в особенности к системам воспроизведения музыки, предназначенным для защиты людей от потери слуха. В ней также содержатся словарь терминов для общего понимания и справочная информация о звуке, слухе и потере слуха.

Рекомендуются критерии для предотвращения небезопасного прослушивания – для взрослых и для детей. Оба критерия основаны на принципе равной энергии – предположении, что одинаковое количество звуковой энергии вызывает одинаковый постоянный сдвиг порога слышимости, вызванный звуковым воздействием, независимо от распределения этой энергии по времени.

Важно отметить, что эта Рекомендация содержит руководящие указания по санитарно-просветительскому информированию о безопасном прослушивании, с тем чтобы при необходимости можно было эффективно обеспечивать передачу соответствующих предупреждающих сообщений. Примеры таких сообщений приведены в Дополнении VII.

Наконец, в настоящей Рекомендации также содержится информация по организации дозиметрии и связанным с ней вопросам.

Устройства связи и вспомогательные устройства выведены из сферы применения настоящей Рекомендации. Игровые устройства также подлежат изучению в будущем.

Этот стандарт разработан Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) совместно с МСЭ в рамках инициативы "Сделать прослушивание безопасным" и принят обеими организациями.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждено	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т Н.870	29.08.2018 г.	16-я	11.1002/1000/13686
2.0	МСЭ-Т Н.870 (V2)	16.03.2022 г.	16-я	11.1002/1000/14953

Ключевые слова

Доза, персональная звуковоспроизводящая система, безопасное прослушивание, уровень звукового давления, потеря слуха в результате звукового воздействия.

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL <http://handle.itu.int/>, после которого укажите уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним в целях стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" (shall) или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" (must), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение положений настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами/авторскими правами на программное обеспечение, которые могут потребоваться для выполнения положений настоящей публикации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к соответствующим базам данных МСЭ-Т, имеющимся на веб-сайте МСЭ-Т по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2023

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3 Определения.....	2
3.1 Термины, определенные в других документах	2
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации.....	4
4 Сокращения и акронимы	6
5 Соглашения.....	7
6 Безопасное прослушивание. Введение.....	7
6.1 Общие сведения	8
6.2 Персональная звуковоспроизводящая система	8
7 Критерии риска нарушения слуха.....	11
7.1 Режимы работы	11
7.2 Неопределенность в оценке дозы	12
8 Методы измерения.....	13
8.1 Дозиметрия.....	13
9 Диапазон чувствительности и АЧХ головных телефонов.....	14
10 Профили.....	14
11 Санитарно-просветительское информирование	15
11.1 Цель включения санитарной информации в стандарты безопасного прослушивания персональных звуковоспроизводящих систем	15
11.2 Ключевые рекомендации по информированию в рамках стандартов безопасных устройств прослушивания	15
12 Контроль окружающего шума.....	20
12.1 Пассивное подавление фонового шума.....	20
12.2 Активное подавление фонового шума	20
12.3 Преимущества шумоизолирующих наушников.....	20
12.4 Проблемы безопасности, связанные с шумоизолирующими наушниками.....	20
13 Регулирование громкости.....	21
13.1 Ограничение громкости.....	21
13.2 Регулятор громкости, защищенный паролем.....	21
14 Руководящие указания по дополнительным вопросам.....	21
Дополнение I – Отчет о состоянии.....	22
Дополнение II – Функция оценки дозы в персональной звуковоспроизводящей системе	23
II.1 Введение.....	23
II.2 Основные сопутствующие стандарты	23
II.3 Определение дозы в контексте акустической дозиметрии	23
II.4 Взвешивание разных частот	23
II.5 Точка захвата сигнала в персональной звуковоспроизводящей системе (PAS).....	25

	Стр.	
II.6	Обработка левого и правого каналов.....	25
II.7	Пример реализации дозиметра	26
II.8	Преодоление сложности вычислений.....	26
II.9	Обработка дозы в течение дней и недель.....	26
II.10	Случай головных телефонов с неизвестными характеристиками	27
II.11	Альтернативная точка захвата звукового сигнала	28
II.12	Неопределенности.....	29
Дополнение III – Европейский стандарт EN 71-1 для игрушек		30
Дополнение IV – Музыка и шум.....		31
Дополнение V – О рефлексе стременной мышцы		32
Дополнение VI – Рассмотрение фазы восстановления.....		33
Дополнение VII – Пример санитарно-просветительского информирования.....		35
VII.1	Рекомендации по разработке предупреждающих сообщений и побудительных сигналов в интерфейсе устройств	35
VII.2	Предлагаемый набор информационных сообщений в рамках стандартов безопасных устройств прослушивания (пример).....	35
VII.3	Пример представления пользователю информации о параметрах прослушивания.....	36
VII.4	Предупреждения и побудительные сигналы.....	38
Дополнение VIII – Механизм слуха и воздействие звука		40
VIII.1	Звук и волны.....	40
VIII.2	Механизм слуха и потеря слуха.....	40
VIII.3	Измерение звуковой энергии	43
VIII.4	Принцип равной энергии	46
Библиография		47

Введение

Растет беспокойство по поводу усиливающегося воздействия громких звуков в местах отдыха, таких как ночные клубы, дискотеки, пабы, бары, кинотеатры, концертные залы, места проведения спортивных мероприятий и даже залы для занятия фитнесом. С популяризацией информационных технологий люди стали часто прослушивать звук с большой громкостью в течение длительного времени через такие устройства, как персональные звуковоспроизводящие системы. Регулярное повторение таких действий несет в себе серьезную угрозу необратимой потери слуха.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [b-WHO-2018]:

- более 1,5 миллиарда человек во всем мире в той или иной мере подвергаются риску потери слуха по разным причинам. Из них 430 миллионов нуждаются в восстановлении слуха для обеспечения его оптимального функционирования. Если в ближайшие десятилетия не будут приняты меры по смягчению факторов риска потери слуха, эти цифры будут расти;
- более миллиарда молодых людей во всем мире могут быть подвержены риску потери слуха из-за небезопасной практики прослушивания;
- среди подростков и молодых людей в возрасте от 12 до 35 лет в странах со средним и высоким уровнем дохода:
 - почти 50% слушают звук небезопасных уровней с помощью персональных звуковоспроизводящих устройств, таких как MP3-плееры и смартфоны;
 - около 40% людей подвергается воздействию потенциально опасного уровня звука в ночных клубах, на дискотеках и в барах.

Еще одним показателем потенциального риска является рост продаж смартфонов – только в 2019 году во всем мире было продано более 1,5 миллиарда этих устройств. Повышенная доступность и популярность персональных звуковоспроизводящих систем для прослушивания музыки сочетается с их использованием на большой громкости и в течение длительного времени. Такое рискованное поведение может привести к необратимому нарушению слуха.

Принимая во внимание эти факты, ВОЗ в 2015 году выступила с инициативой "Сделать прослушивание безопасным". Эта инициатива в целом направлена на то, чтобы люди всех возрастов могли наслаждаться прослушиванием музыки с полной защитой своего слуха.

Ее цель – снизить риск потери слуха из-за небезопасного воздействия звуков во время отдыха и развлечений. Для достижения этой цели ВОЗ определила три конкретные задачи:

- 1) регулировать воздействие громких звуков с помощью персональных звуковоспроизводящих систем;
- 2) изменить поведение слушателей из целевой аудитории;
- 3) ограничить воздействие звука в местах отдыха и развлечений.

Эта Рекомендация стала результатом сотрудничества ВОЗ и МСЭ в рамках инициативы "Сделать прослушивание безопасным" и является общим стандартом, признанным обеими организациями.

Рекомендация МСЭ-Т Н.870

Руководящие принципы реализации безопасных устройств/ систем прослушивания

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации приведены требования, предъявляемые к безопасным устройствам и системам прослушивания, особенно предназначенным для воспроизведения и прослушивания музыки, в целях защиты людей от потери слуха.

Поскольку рыночные тенденции ведут к стиранию различий между некоторыми устройствами для прослушивания и персональными звуковоспроизводящими устройствами, сюда включены сценарии их использования, чтобы обеспечить максимально широкую сферу применения настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Некоторые из этих сценариев использования следуют принципу классификации источников звуковой энергии и предписания мер защиты от этих источников, закрепленному в [IEC 62368-1].

В настоящей Рекомендации не рассматриваются устройства следующих типов:

- устройства двусторонней связи (рации и т. п.);
- реабилитационные и медицинские устройства (слуховые аппараты, ЧМ-системы и другие вспомогательные слуховые устройства (ALD), одобренные как относящиеся к системам слуховых аппаратов и кохлеарных имплантов, и т. п.);
- изделия/устройства для индивидуального звукоусиления;
- профессиональное звуковое оборудование и устройства.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Есть опасения по поводу воздействия звука от портативных игровых консолей, но это тема для будущих исследований.

2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T G.100.1] Recommendation ITU-T G.100.1 (2015), *The use of the decibel and of relative levels in speechband telecommunications.*
- [ITU-T P.57] Recommendation ITU-T P.57 (2021), *Artificial ears.*
- [ITU-T P.58] Recommendation ITU-T P.58 (2021), *Head and torso simulator for telephony.*
- [ITU-T P.380] Recommendation ITU-T P.380 (2003), *Electro-acoustic measurements on headsets.*
- [ITU-T P.381] Recommendation ITU-T P.381 (2020), *Technical requirements and test methods for the universal wired headset or headphone interface of digital mobile terminals.*
- [ITU-T P.382] Recommendation ITU-T P.382 (2020), *Technical requirements and test methods for multi-microphone wired headset or headphone interfaces of digital wireless terminals.*
- [EN 50332-1] CENELEC EN 50332-1:2013, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. General method for "one package equipment".*

- [EN 50332-2] CENELEC EN 50332-2:2013, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. Matching of sets with headphones if either or both are offered separately, or are offered as one package equipment but with standardised connectors between the two allowing to combine components of different manufacturers or different design.*
- [EN 50332-3] CENELEC EN 50332-3:2017, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players – Maximum sound pressure level measurement methodology – Part 3: Measurement method for sound dose management.*
- [IEC 60268-1] IEC 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General.*
- [IEC 61252] IEC 61252:1993, *Electroacoustics – Specifications for personal sound exposure meters, including its AMD1:200 and AMD2:2017.*
- [IEC 61672-1] IEC 61672-1:2013, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications.*
- [IEC 62368-1] IEC 62368-1:2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements.*
- [ISO 226] ISO 226:2003, *Acoustics – Normal equal-loudness-level contours.*
- [ISO 11904-1] ISO 11904-1:2002, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique).*

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах.

3.1.1 расчетная доза звука (calculated sound dose) [IEC 62368-1]: Скользящая оценка звукового воздействия за одну неделю, выраженная в процентах от максимального значения, считающегося безопасным.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дополнительную информацию см. в разделе В.4 [EN 50332-3].

3.1.2 частотная характеристика диффузного поля HATS (звукового детектора) (diffuse-field frequency response of HATS (sound pick-up)) [ITU-T P.58]: Разность в децибелах (дБ) между уровнем акустического давления третьоктавного спектра в контрольной точке барабанной перепонки (DRP) и уровнем акустического давления третьоктавного спектра в контрольной точке HATS (HRP) в диффузном звуковом поле при отсутствии HATS.

3.1.3 контрольная точка барабанной перепонки (eardrum reference point) [b-ITU-T P.10]: Точка, расположенная в конце слухового канала, соответствующая положению барабанной перепонки.

3.1.4 свободное звуковое поле (free sound field) [ISO 3745]: Поле в однородной изотропной среде без границ.

3.1.5 частотная характеристика HATS (звукового детектора) в свободном поле (free-field frequency response of HATS (sound pick-up)) [ITU-T P.58]: Разность в децибелах (дБ) между уровнем акустического давления третьоктавного спектра в контрольной точке барабанной перепонки (DRP) и уровнем акустического давления третьоктавного спектра в контрольной точке HATS (HRP) в свободном звуковом поле при отсутствии HATS (точка замера).

3.1.6 модель головы и торса (head and torso simulator (HATS)) [b-ITU-T P.10]: Манекен от верхней части головы до линии пояса, предназначенный для моделирования характеристик звукового детектора и акустической дифракции, создаваемой средним взрослым человеком, а также для воспроизведения акустического поля, создаваемого человеческим ртом.

3.1.7 проинструктированное лицо (instructed person) [IEC 62368-1]: Термин, применяемый к лицам, проинструктированным и обученным квалифицированным специалистом или работающим под руководством квалифицированного специалиста в отношении выявления источников звуковой энергии, способных вызывать болевые ощущения (см. таблицу 1), и принятия мер предосторожности во избежание непреднамеренного контакта с этими источниками энергии или их воздействия. Проинструктированные лица не должны подвергаться воздействию элементов источников энергии, способных вызвать травму, при нормальных, аномальных рабочих условиях и при условиях единичного отказа оборудования.

3.1.8 существенное нарушение слуха (material hearing impairment) [b-NIOSH]: Среднее значение порога слышимости для обеих ушей, превышающее 25 дБ НПС на частотах 1000, 2000, 3000 и 4000 Гц.

3.1.9 микрофон в реальном ухе (microphone-in-real-ear) [ISO 11904-1]: Относится к измерениям, проводимым с использованием миниатюрных или зондовых микрофонов, вставленных в уши человека.

3.1.10 уровень мгновенного воздействия (momentary exposure level) [IEC 62368-1]: Мера для оценки уровня звукового воздействия в течение 1 секунды, вызванного испытательным сигналом HD 483-1 S2, поданным на оба канала, в соответствии с [EN 50332-1], пункт 4.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Уровень мгновенного воздействия измеряется в децибелах (дБ).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Дополнительную информацию см. в разделе В.3 [EN 50332-3].

3.1.11 обычный человек (ordinary person) [IEC 62368-1]: Термин, относящийся ко всем лицам, кроме проинструктированных лиц и квалифицированных специалистов. Обычные люди – это не только пользователи оборудования, но и все те, кто может получить доступ к оборудованию или находиться рядом с ним. Обычные люди не должны подвергаться воздействию элементов источников энергии, способных вызвать болевые ощущения или причинить травму при нормальных или аномальных рабочих условиях. Обычные люди не должны подвергаться воздействию элементов источников энергии, способных вызвать травму при условиях единичного отказа оборудования.

3.1.12 персональный музыкальный/мультимедиа проигрыватель (personal music/media player) [IEC 62368-1]: Портативное оборудование, разработанное для использования обычным человеком:

- которое предназначено для того, чтобы пользователь мог прослушивать звуковой или аудиовизуальный контент/материал; и
- в котором используется устройство для прослушивания, такое как головные телефоны или наушники, которые можно носить в ушах или надевать на них; и
- в состав которого входит носимый на теле проигрыватель (карманного размера), предназначенный для непрерывного использования в движении (на улице, в метро, в аэропорту и т. д.).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Примерами могут служить портативные проигрыватели компакт-дисков, аудиоплееры MP3, мобильные телефоны с функцией воспроизведения файлов MP3, КПК или аналогичное оборудование.

3.1.13 квалифицированный специалист (skilled person) [IEC 62368-1]: Лицо, прошедшее подготовку или имеющее опыт работы с оборудованием, в частности знакомое с различными видами энергии и величинами энергии, используемыми в оборудовании. Ожидается, что квалифицированные специалисты будут использовать свою подготовку и опыт для выявления источников энергии, способных вызвать болевые ощущения или причинить травму, и принимать меры для защиты от травм, вызываемых этими источниками энергии. Квалифицированные специалисты также должны быть защищены от непреднамеренного контакта с источниками энергии, способными вызвать травму, или от их воздействия.

3.1.14 звуковое воздействие (sound exposure) [EN 50332-3]: Скорректированное по частотной характеристике A (A -взвешенное) звуковое давление p_A , возведенное в квадрат и проинтегрированное за установленный период времени между моментами t_2 и t_1 :

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt.$$

3.1.15 уровень звукового давления (sound pressure level) [b-ITU-R V.574]: Обычно выражаемый в децибелах (дБ SPL) логарифм отношения звукового давления к эталонному давлению p_0 , часто равному 20 мкПа. Отметим, что коэффициент 20 используется, когда измеряется отношение между двумя уровнями звукового давления, а не между двумя уровнями интенсивности звука:

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right).$$

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определены следующие термины.

3.2.1 порог акустического рефлекса (acoustic reflex threshold): Уровень звукового давления (SPL), при котором звуковая раздражитель вызывает рефлекс стременной мышцы (SMR).

3.2.2 акустическая травма (acoustic trauma): Однократное воздействие звука, приводящее к непосредственному поражению слуховой системы.

3.2.3 критерии риска повреждения (damage-risk criteria): Устаревший термин, относящийся к риску потери слуха вследствие шума (NIHL), представляемому различными уровнями воздействия шума. В настоящей Рекомендации этот термин заменен несколькими предпочтительными современными терминами: "зависимость реакции от дозы", "риск" или "предел воздействия".

3.2.4 дБА (dBA): Уровень звукового давления в децибелах, измеренный с использованием сетки А-взвешивания [IEC 61672] и [IEC 60268-1], см. также рисунок II.2; это коррекция по частотной характеристике, предназначенная для измерения шума низкой интенсивности (уровень громкости около 40 фонов), которая также стала широко применяться для измерения воздействия шума на рабочем месте и шумового загрязнения окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В последнем случае применение основано на исследованиях населения, подвергающегося воздействию шума на рабочем месте, проводившихся в 1950-х и 1960-х годах. В этой работе рекомендовалось использовать А-взвешивание, учитывая как его доступность в шумомерах, так и его способность прогнозировать зависимость реакции от дозы по изученным спектрам шума [b-Burns-1973] и [b-Burns-Robinson]. По результатам этой работы при изучении населения, подвергавшегося воздействию шума, на котором основывается допустимая еженедельная норма шума, приведенная в этом документе, для измерения воздействия шума используется А-взвешивание [b-Neitzel] и [b-Fligor].

3.2.5 dBFS: Децибел полной шкалы – уровень цифрового сигнала относительно уровня перегрузки или максимального уровня. Существуют разные соглашения. Обычно цифровому представлению полномасштабной синусоидальной формы присваивается среднеквадратичное значение 0 дБ полной шкалы. Тогда пиковый уровень может достигать +3,01 дБ полной шкалы. В других случаях равным 0 дБ полной шкалы назначается среднеквадратичный уровень полномасштабного цифрового прямоугольного сигнала. Тогда максимальный пиковый уровень также равен 0 дБ полной шкалы. В последних случаях dBFS эквивалентен dBov. (dBov – децибелы (дБ) относительно цифровой перегрузки – уровень цифрового сигнала относительно уровня перегрузки или максимального уровня. См. [ITU-T G.100.1].)

3.2.6 дБ НПС (dBHL): Порог слышимости в децибелах на определенной частоте; уровень, используемый для измерения аудиометрического порога слышимости относительно нормального порога слышимости (НПС).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Это чувствительность уха человека с нормальным слухом на разных частотах, которая служит эталоном. На рисунке 1 [ISO 226] показаны стандартизированные контуры равной громкости для разных уровней звука и приведено сопоставление фонов (единиц громкости) с SPL (единицами уровня). Две шкалы пересекаются на частоте 1 кГц. По определению дБ SPL равен порогу слышимости на частоте 1 кГц, то есть при 0 фонов (и 0 дБ SPL).

3.2.7 диффузное звуковое поле (diffuse sound field): Поле, в любую точку которого звук со всех направлений поступает с одинаковой интенсивностью и со случайной фазой. Реверберирующий звук не зависит от положения приемника. (Взято из [b-Vér])

3.2.8 (звуковая) доза ((sound) dose): Общее количество звуковой энергии, принятое человеческим ухом за определенный период времени. В контексте настоящей Рекомендации – то же, что и звуковое воздействие (см. пункт 3.1.14). Единицей измерения (звуковой) дозы является Па²ч.

3.2.9 дозиметрия (dosimetry): расчет и оценка дозы, полученной человеческим ухом.

3.2.10 принцип равной энергии (equal energy principle): Идея о том, что общее воздействие звука пропорционально общему количеству звуковой энергии, принятой ухом, независимо от распределения этой энергии во времени. В соответствии с этим принципом ожидается, что одинаковое количество звуковой энергии вызовет одинаковый постоянный сдвиг порога слышимости, вызванный звуковым воздействием, независимо от распределения энергии во времени. Этот принцип позволяет связать вопрос о риске повреждения слуха в результате звукового воздействия с дозой звука.

3.2.11 эквивалентный непрерывный A-взвешенный уровень звукового давления (equivalent continuous A-weighted sound pressure level): Непрерывный уровень звукового давления (SPL) в дБА, который считается представляющим тот же риск, что и изменяющийся во времени SPL, рассчитанный с использованием коэффициента обмена между уровнем и временем 3 дБ. Математически это представляется формулой:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ дБА},$$

где:

$L_{Aeq,T}$: эквивалентный непрерывный A-взвешенный уровень звукового давления относительно 20 мкПа, определенный на интервале интегрирования по времени $T = t_2 - t_1$;

$p_A(t)$: мгновенное A-взвешенное звуковое давление звукового сигнала;

p_0 : эталонное звуковое давление 20 мкПа.

3.2.12 эквивалентный непрерывный средний уровень звука, нормализованный (equivalent continuous average sound level normalized): Непрерывный уровень звукового давления в дБА, который считается представляющим тот же риск, что и определенный изменяющийся во времени уровень звукового давления, измеренный с использованием коэффициента обмена 3 дБ и нормализованный к периоду воздействия в n часов. Например, значение n может быть равно 8, и в этом случае оно также может обозначаться как L_{A8h} или L_{EX8h} ; или, если значение n равно 40, оно может обозначаться как L_{EX40h} .

3.2.13 избыточный риск (excess risk): Риск потери слуха вследствие звукового воздействия (sound induced hearing loss (SIHL)), связанный с определенным уровнем воздействия.

3.2.14 коэффициент обмена (exchange rate): Изменение среднего уровня шума (дБ), которое соответствует удвоению или сокращению вдвое допустимого времени воздействия.

3.2.15 частотная характеристика (frequency response): В данном контексте частотная характеристика представляет собой сокращение термина "чувствительность в зависимости от частотной характеристики", которую иногда называют "тоновая кривая" звукового устройства, такого как наушники, громкоговоритель, микрофон, усилитель и т. д.

3.2.16 порог слышимости (hearing threshold level): Уровень звукового давления (SPL) на определенных аудиометрических тестовых частотах, измеренный в дБ НПС.

3.2.17 устройство прослушивания (listening device): Носимое устройство, используемое для передачи звука в ухо.

Состоит из преобразователя и приспособления для размещения в ухе, на ухе или над ухом. Примером могут служить наушники и головные телефоны.

Наушники и головные телефоны могут включать в себя усилители и другую электронику, например для беспроводного или цифрового соединения, обработки сигналов, шумоподавления или даже хранения мультимедиа для последующего воспроизведения. Таким образом наушники и головные телефоны с такими функциональными возможностями можно отнести к разряду персональных звуковоспроизводящих систем.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Принцип классификации источников энергии и предписание мер защиты от этих источников закреплен в стандарте [IEC 62368-1], на котором основана большая часть настоящей Рекомендации.

3.2.18 мультимедиа (media): Звуковые или аудиовизуальные материалы для развлекательных целей, длительное воздействие которых может привести к потере слуха. Примерами могут служить музыка, игры и подкасты.

3.2.19 персональное звуковоспроизводящее устройство (personal audio device (PAD)): Портативное устройство, предназначенное для ношения на теле или в кармане одежды для прослушивания различных мультимедиа-материалов. Его можно подключить к устройству прослушивания. Примером персонального звуковоспроизводящего устройства может служить персональный медиаплеер (PMP).

3.2.20 персональная звуковоспроизводящая система (personal audio system (PAS)): Система, состоящая из персонального звуковоспроизводящего устройства и устройства прослушивания. Примерами могут служить персональный медиаплеер (PMP), подключенный к наушникам, и наушники, способные воспроизводить локально хранящиеся материалы независимо от внешнего PAD.

3.2.21 безопасное устройство прослушивания (safe listening device): Персональное звуковоспроизводящее устройство/звуковоспроизводящая система, отвечающие требованиям и критериям минимизации риска потери слуха пользователями (в результате его применения), может считаться безопасным устройством прослушивания. Это могут быть музыкальные плееры (MP3-плееры, смартфоны и персональные музыкальные плееры), используемые с устройством прослушивания.

3.2.22 допустимая звуковая нагрузка (sound allowance): Оценка дозы звукового воздействия за определенный период времени (например, ежедневно или еженедельно), обычно выражаемая в процентах от максимальной дозы, считающейся безопасной. Еженедельная допустимая звуковая нагрузка эквивалентна 100% расчетной звуковой дозы (CSD).

3.2.23 вызванный звуковым воздействием (sound-induced): Состояние или качество, возникающее в результате воздействия звука. Звук может быть (частично) музыкой или же "шумом", что предполагает, что звук нежелателен.

3.2.24 постоянный сдвиг порога слышимости, вызванный звуковым воздействием (sound-induced permanent threshold shift): Синоним постоянной потери слуха вследствие звукового воздействия (SIHL).

3.2.25 временный сдвиг порога слышимости, вызванный звуковым воздействием (sound-induced temporary threshold shift): Временная потеря слуха вследствие звукового воздействия (SIHL), которая возникает в результате воздействия звука; по истечении достаточного времени, проведенного в условиях слабого воздействия звука, слух восстанавливается.

3.2.26 шум в ушах, вызванный звуковым воздействием (sound-induced tinnitus): Временное или постоянное ощущение фантомных звуков в ушах или голове после чрезмерного звукового воздействия.

3.2.27 рефлекс стремениной мышцы (stapedius muscle reflex): Процесс, при котором стремениная мышца и мышца слуховых косточек, напрягающая барабанную перепонку, сокращаются, когда ухо подвергается воздействию звука высокой интенсивности. Этот процесс также называется слуховым рефлексом.

3.2.28 преобразователь (transducer): Электронное устройство, преобразующее энергию из одной формы в другую.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

ALD	Assistive Listening Devices	Вспомогательные слуховые устройства
ANR	Active Noise Reduction	Активное шумоподавление
ART	Acoustic Reflex Threshold	Порог акустического рефлекса
CLL	Chosen Listening Level	Выбранный уровень прослушивания

CSD	Calculated Sound Dose		Расчетная звуковая доза
DAC	Digital to Analogue Conversion		Цифроаналоговое преобразование
dBA	Decibels of sound pressure level measured using the A-weighting network	дБА	Уровень звукового давления в децибелах, измеренный с помощью сетки А-взвешивания
dBFS	Decibel Full Scale		Децибел полной шкалы
dBHL	Decibels of Hearing Level	дБ НПС	Уровень слышимости в децибелах
DRP	Eardrum Reference Point		Контрольная точка барабанной перепонки
ER	Exchange Rate		Коэффициент обмена
HATS	Head And Torso Simulator		Модель головы и торса
HTL	Hearing Threshold Level		Порог слышимости
LEQ	Equivalent continuous average sound level		Эквивалентный непрерывный средний уровень звука
LEX	Equivalent continuous average sound level normalized		Эквивалентный непрерывный средний уровень звука, нормализованный
MIRE	Microphone-In-Real-Ear		Микрофон в реальном ухе
NIHL	Noise Induced Hearing Loss		Потеря слуха вследствие шума
NIPTS	Noise Induced Permanent Threshold Shift		Постоянное смещение слухового порога, вызванное шумом
PAD	Personal Audio Device		Персональное звуковоспроизводящее устройство
PAS	Personal Audio System		Персональная звуковоспроизводящая система
PLD	Personal Listening Device		Персональное устройство прослушивания
PMP	Personal Media Player		Персональный медиаплеер
RMS	Root Mean Squared		Среднеквадратичное значение
SEL	Sound Exposure Level		Уровень звукового воздействия
SIHL	Sound Induced Hearing Loss		Потеря слуха вследствие звукового воздействия
SLD	Safe Listening Device		Безопасное устройство прослушивания
SMR	Stapedius Muscle Reflex		Рефлекс стременной мышцы
SPL	Sound Pressure Level		Уровень звукового давления
TTS	Temporary Threshold Shift		Временное смещение слухового порога
VR	Virtual Reality	ВР	Виртуальная реальность

5 Соглашения

Отсутствуют.

6 Безопасное прослушивание. Введение

Временные и постоянные сдвиги порога слышимости, вызванные звуковым воздействием и шумом, – нарастающая проблема общественного здравоохранения, особенно среди детей и подростков. Фактически потеря слуха вследствие звукового воздействия (SIHL) является основной

причиной предотвратимой потери слуха в мире. Подсчитано, что с начала 1990-х по 2000 год доля молодых людей, страдающих SIHL, увеличилась с 6,7% до 18,8%. Отчасти это можно объяснить тем фактом, что в наши дни молодые люди используют свободное время для развлечений, при которых они подвергаются воздействию громкой музыки из персональных звуковоспроизводящих систем (PAS) или в ходе посещения общественных мест, таких как концертные залы, бары, клубы и т. д. Несмотря на эту новую эпидемию, в настоящее время почти не существует стандартов, ограничивающих звуковое воздействие в непрофессиональных условиях, особенно воздействие PAS. Настоящая Рекомендация устраняет этот пробел в стандартизации.

Можно полагать, что ответственность за предотвращение потери слуха с помощью безопасных методов прослушивания лежит на самом человеке. Однако за повышение осведомленности и создание среды для безопасного прослушивания отвечают общество, производители устройств, органы государственной власти и другие заинтересованные стороны.

В результате прослушивания громкого звука в течение длительного времени может произойти потеря слуха. Небезопасное использование персональных звуковоспроизводящих устройств (PAD) представляет угрозу для слуха миллионов людей.

Такая потеря слуха необратима, но с помощью безопасных методов прослушивания ее в значительной мере можно предотвратить. Соответствующая технология поможет снизить риск небезопасного прослушивания. Безопасным устройством/системой прослушивания можно считать персональное звуковоспроизводящее устройство/систему, соответствующие стандартам, которые сводят к минимуму риск потери слуха пользователями (в результате их применения).

Термин "безопасное прослушивание" относится к такому поведению людей при прослушивании, при котором их слух не подвергается риску. Риск потери слуха зависит от того, как долго и как часто человек подвергается воздействию громких звуков. Такое воздействие может происходить через персональные звуковоспроизводящие устройства или в развлекательных заведениях, а также в окружающей среде, например в пробках, на рабочем месте или дома.

Термин "допустимая звуковая нагрузка" означает приемлемый уровень звуковой энергии, который человек может воспринимать, не подвергая риску свой слух. Термин "еженедельная допустимая звуковая нагрузка" эквивалентен по значению 100% расчетной дозы звука (CSD) (см. пункт 3.1.1). В целях санитарно-просветительского информирования рекомендуется использовать термин "допустимая звуковая нагрузка", а не "доза". Следует также отметить, что допустимая звуковая нагрузка, определенная в соответствии с настоящей Рекомендацией, не учитывает звуковое воздействие от источников, отличных от персональных звуковоспроизводящих устройств. В зависимости от того, каковы эти воздействия, для человека все еще может существовать риск потери слуха.

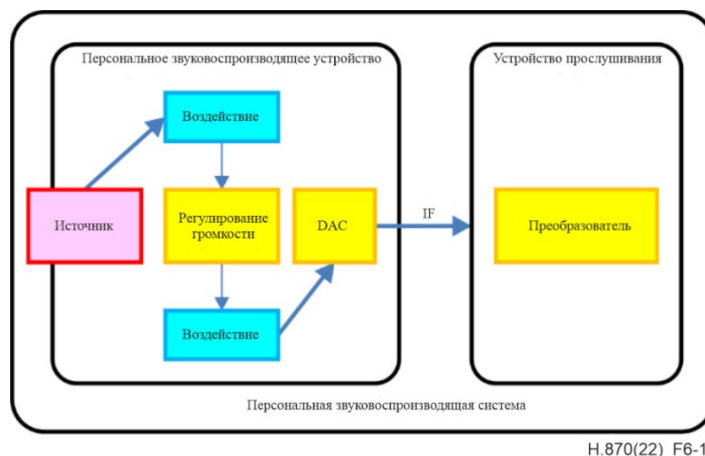
Сценарии использования, которые следует иметь в виду при применении этой Рекомендации, можно найти в [b-FSTP-SLD-UC].

6.1 Общие сведения

Справочная информация по безопасному прослушиванию содержится в Дополнении VIII.

6.2 Персональная звуковоспроизводящая система

Определение персональной звуковоспроизводящей системы (PAS) дано в пункте 3.2.20, а общая архитектура PAS показана на рисунке 6-1.



H.870(22)_F6-1

Рисунок 6-1 – Архитектура персональной звуковоспроизводящей системы (PAS)

Показанный на этом рисунке источник может находиться локально в устройстве или использоваться удаленно, например в потоковом режиме с локального сервера или из интернета.

PAS рассчитана на использование обычным человеком и:

- предназначена для того, чтобы пользователь мог прослушивать звуковой или аудиовизуальный контент/материал; и
- включает устройство для прослушивания, такое как головные телефоны или наушники, которые можно носить в ушах или надевать на них; и
- включает носимый на теле проигрыватель (карманного размера), предназначенный для непрерывного использования на ходу (на улице, в метро, в аэропорту и т. д.); и
- содержит средства регулировки пользователем громкости звука, подаваемого в ухо.

Примерами могут служить портативные проигрыватели компакт-дисков; аудиоплееры MP3; мобильные телефоны или планшеты, умные часы с функцией воспроизведения файлов MP3; наушники с возможностью локального хранения аудиоконтента или беспроводного подключения к музыкальному серверу без использования отдельного PAD.

Требования не распространяются:

- на профессиональное оборудование;
- слуховые аппараты и другие вспомогательные слуховые устройства;
- аналоговые персональные музыкальные проигрыватели следующих типов:
 - радиоприемники дальнего действия (например, многодиапазонный радиоприемник или радиоприемник мирового диапазона, АМ-радиоприемник);
 - кассетные проигрыватели/магнитофоны;

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это исключение сделано, поскольку данная технология выходит из употребления и ожидается, что через несколько лет применяться уже не будет. Это исключение не будет распространено на другие технологии.

- проигрыватели, подключенные к внешнему усилителю, которые нельзя использовать на ходу.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В дополнение к вышеизложенному, из сферы применения настоящей Рекомендации исключены устройства связи.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Пока основное внимание уделяется музыке, но в будущем подлежат изучению игровые устройства и устройства виртуальной реальности.

6.2.1 О головных телефонах и наушниках

Ситуация прослушивания через головные телефоны/наушники с использованием портативного оборудования отличается от воспроизведения через домашние громкоговорители. Исследования привычек прослушивания через головные телефоны с помощью портативных музыкальных плееров

показывают, что уровень прослушивания сильно варьируется от человека к человеку [b-SCENIHR]. Некоторые портативные плееры и наушники позволяют воспроизводить звук с высокими уровнями громкости. Портативность оборудования также повышает риск воздействия в течение длительного времени.

При воздействии высокоуровневого звукового поля, например на концерте или в клубе, в дополнение к раздражителям через уши может ощущаться вибрация тела. В случае наушников/головных телефонов вибрационное воздействие отсутствует.

На рисунке 6-2 приведен пример взаимосвязи между типом наушников (вкладыши и накладные наушники или изоляторы) и выбранными уровнями прослушивания (CLL) в зависимости от окружающей обстановки (самолет, автобус, тишина и т. д.).

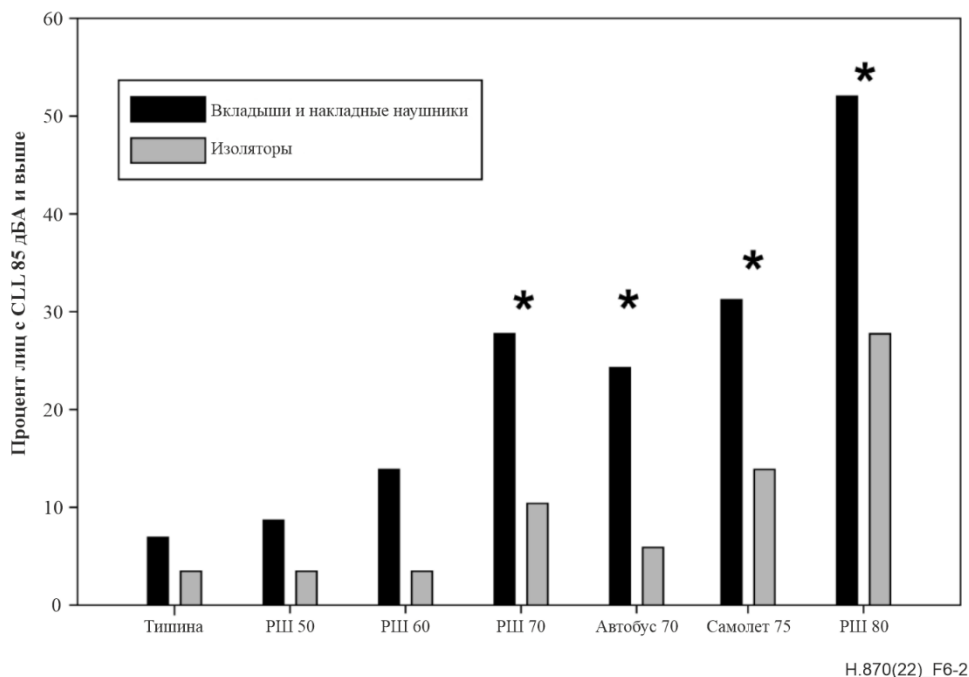


Рисунок 6-2 – Тип наушников и выбранный уровень громкости прослушивания [b-Portnuff]

6.2.2 Примечание об индивидуальных различиях

Индивидуальные различия в размерах слухового канала влияют на частоту и амплитуду слухового резонанса.

Существующая до сих пор медицинская практика убедительно свидетельствует о том, что учет таких факторов, как рост и пол, а также окружность головы и даже измерение резонансных характеристик слухового канала индивидуума приведут к нивелированию индивидуальных различий.

6.2.3 Руководящие указания по измерению

При измерении аналогового электрического выходного уровня PAS следует использовать процедуры, описанные в пункте 7.2.2 [ITU-T P.381], с применением соответствующей специальной испытательной установки. Сюда входят воспроизведение сигнала определенной программы имитации на определенном цифровом уровне, моделирование головных телефонов с использованием резистивной нагрузки и соответствующее измерение выходного напряжения проигрывателя.

При измерении общей электроакустической чувствительности головных телефонов/наушников следует использовать процедуры, описанные в пункте 8.2.2 [ITU-T P.381], с применением соответствующей специальной испытательной установки. При измерении электроакустической чувствительности головных телефонов/наушников в зависимости от частоты следует использовать процедуры, описанные в пункте 8.1.5 [ITU-T P.381], с применением соответствующей специальной

испытательной установки. Это относится, например, к устройству оценки дозы, как описано в Дополнении II к настоящей Рекомендации.

Эти измерения головных телефонов включают в себя воспроизведение определенной программы имитации сигнала на определенном электрическом уровне, модель головы и торса (HATS), соответствующее измерение выходного звукового давления при определенном входном напряжении, включая усреднение по нескольким переустановкам головных телефонов на HATS.

Настоящие Рекомендации МСЭ-Т частично ссылаются на серию спецификаций CENELEC EN 50332 в целях согласования. В спецификациях CENELEC также приведены рекомендации по цифровым интерфейсам.

ПРИМЕЧАНИЕ. – [ITU-T P.381] относится к обычно используемому трех- или четырехполюсному разъему/вилке диаметром 3,5 мм или 2,5 мм. Руководящие указания по пятиполюсным соединителям содержатся в [ITU-T P.382].

При измерении общего уровня акустического выходного сигнала портативного музыкального проигрывателя, включая головные телефоны/наушники, следует использовать процедуру, описанную в [EN 50332-1].

7 Критерии риска нарушения слуха

7.1 Режимы работы

Требуется, чтобы в состав PAS или PAD входила система, отслеживающая время воздействия на пользователя и оценивающая уровень звука и эталонное воздействие (допустимую звуковую нагрузку). Это предусматривает воспроизведение через устройство или систему всех мультимедийных материалов (хранящихся локально или подаваемых в потоковом режиме), когда пользователь применяет наушники/головные телефоны. Голосовые вызовы могут быть исключены, поскольку они регулируются отдельно другими стандартами.

Эта система должна определять степень воздействия на пользователя в следующем режиме.

- Режим 1. Стандартный уровень (ВОЗ) для взрослых – в качестве эталонного применяется воздействие с уровнем $1,6 \text{ Па}^2\text{ч}$ в течение семи дней.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это значение взято из [IEC 62368-1] и основано на значениях, упомянутых в [b-2009/490/EC], где указано, что звук безопасен при уровне воздействия ниже 80 дБ(А) в течение максимум 40 часов в неделю. Следовательно, значение 100% расчетной звуковой дозы (CSD) соответствует 80 дБ(А) в течение 40 часов.

Рекомендуется, чтобы устройство или система обеспечивали более консервативный режим для пользователей, которые предпочитают или которым может быть полезен более консервативный уровень, соответствующий режиму 2.

- Режим 2. Стандартный уровень (ВОЗ) для пользователей, которые предпочитают или которым могут быть рекомендованы более низкие уровни звука (например, для детей) – в качестве эталонного должно применяться воздействие с уровнем $0,51 \text{ Па}^2\text{ч}$ в течение семи дней.

Устройство или система должны обеспечивать пользователям возможность выбирать эталонное воздействие в одном из двух вышеупомянутых режимов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эталонное воздействие соответствует SPL 80 дБА (режим 1) и 75 дБА (режим 2) в течение 40 часов в неделю (что, в свою очередь, соответствует 8 часам в день в течение 5 дней в неделю).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Альтернативой выражению воздействия в процентах является его выражение в виде *времени, оставшегося* до достижения определенного воздействия (например, оставшегося времени воспроизведения до достижения 100% при текущем уровне громкости).

Рекомендуется предоставить возможность выбора режима при первом использовании проигрывателя (или при восстановлении заводских настроек устройства). Рекомендуется предоставить пользователю возможность впоследствии изменить выбор режима в любой момент времени, например в меню конфигурации устройства.

Примеры еженедельной продолжительности прослушивания на основе допустимой звуковой нагрузки для указанных выше режимов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Пример значений времени прослушивания в неделю для режима 1

дБ(А) SPL	В неделю (1,6 Па ² ч)
107	4,5 мин.
104	9,5 мин.
101	19 мин.
98	37,5 мин.
95	75 мин.
92	2,5 час.
89	5 час.
86	10 час.
83	20 час.
80	40 час.

Таблица 2 – Пример значений времени прослушивания в неделю для режима 2

дБ(А) SPL	В неделю (0,51 Па ² ч)
107	1,5 мин.
104	3 мин.
101	6 мин.
98	12 мин.
95	24 мин.
92	48 мин.
89	1 час. 36 мин.
86	3 час. 15 мин.
83	6 час. 24 мин.
80	12 час. 30 мин.
77	25 час.
75	40 час.

7.2 Неопределенность в оценке дозы

Существует некоторая неопределенность при оценке звуковой дозы. К числу источников этой неопределенности относятся:

- источник звука;
- разброс характеристик головных телефонов одной и той же модели из-за производственных допусков;
- колебания из-за головных телефонов неизвестного типа;
- производственный допуск;
- ошибки из-за неправильного ручного выбора типа головных телефонов;
- вариации прилегания к искусственному уху во время измерения;
- несовершенное соотношение между искусственными и реальными ушами;
- неточная связь между стандартизированной коррекцией диффузного поля и множеством передаточных функций, связанных с головой человека;
- вариации прилегания к человеческим ушам;
- неопределенности в описании характеристик участника, особенно из-за нелинейной обработки в альтернативной реализации, показанной на рисунке П.5;
- ошибки в расчетах;

- индивидуальная восприимчивость к звуковому воздействию пользователей;
- воздействие из других источников.

Поскольку некоторые из этих неопределенностей обычно составляют несколько децибелов, а ошибка в 3 дБ означает 100%-ную погрешность дозы, можно ожидать, что неопределенности оценки дозы будут составлять сотни процентов. Поэтому предлагается воздержаться от подачи пользователю сигналов "безопасно" и "зеленый цвет" на основании показаний дозы ниже определенного предела.

Однако оценка дозы важна для учета общих тенденций:

- более высокий уровень сигнала соответствует более высокому риску;
- более длительное воздействие соответствует более высокому риску;
- учитывается спектральный состав музыки.

Дальнейшие детали по этому вопросу остаются предметом будущих исследований.

8 Методы измерения

8.1 Дозиметрия

8.1.1 Основные сопутствующие стандарты

Стандарты [EN 50332-1], [EN 50332-2] и [EN 50332-3] описывают систему измерения дозы в RMP. Стандарт [IEC 61252] описывает акустические дозиметры для ношения на теле.

8.1.2 Определение дозы в контексте акустической дозиметрии

Доза в контексте акустической дозиметрии рассчитывается следующим образом:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt,$$

где p_A – A-взвешенное звуковое давление с поправкой на диффузное поле.

Например, доза, полученная при воздействии 80 дБ SPL(A) в течение 40 часов, рассчитывается следующим образом:

- среднеквадратичное (RMS) значение звукового давления составляет $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \text{ мкПа}}{1 \text{ Па}} = 0,2 \text{ Па}$. Следовательно, доза равна $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 \text{ Па}^2\text{ч}$.

Эту конкретную дозу можно принять за эталонную, а измеренную оценку воздействия в течение определенного периода времени выразить в процентах от этой эталонной дозы.

1,6 Па²ч составляет 100%-ную недельную допустимую звуковую нагрузку, соответствующую 100% расчетной звуковой дозы (CSD), определенной в [EN 50332-3].

Пример реализации процесса дозиметрии см. в Дополнении II.

8.1.3 Проверка работоспособности дозиметра

Работоспособность дозиметра проверяется путем воспроизведения программы моделирования звука в соответствии с [EN 50332-1] и [IEC 60268-1] и измерения времени, в течение которого оценка дозы достигнет 100% CSD, с использованием интерполяции и допусков, как описано в [EN 50332-3]. Такое тестирование можно выполнить в акустической области (с использованием гарнитур с известной чувствительностью в зависимости от частотной характеристики) или в электрической области с использованием резистивной нагрузки 32 Ом (когда характеристики гарнитур неизвестны). См. информацию об измерительной установке в [ITU-T P.381].

ПРИМЕЧАНИЕ. – Также следует учитывать методы тестирования цифрового сигнала, такие как приведенные в [EN 50332-1], которые подлежат дальнейшему изучению.

Рекомендуется убедиться, что доза увеличивается вдвое на каждые 3 дБ повышения уровня выходного сигнала при изменении уровней громкости звука от –28 до –4 дБ полной шкалы (см. определение дБ полной шкалы в [EN 50332-1]), а также при изменении регулируемого уровня громкости.

Рекомендуется протестировать фильтр А-взвешивания и другие подробные характеристики дозиметра, как описано в [IEC 61252].

9 Диапазон чувствительности и АЧХ головных телефонов

Для расчета дозы звука с разумной точностью важна информация об усилении сигнальной цепи от регуляторов громкости, доступных пользователю, и чувствительности устройства прослушивания. Для простейшей PAS, состоящей из PAD, подключенного к пассивным наушникам (не содержащим электроники) неизвестного типа, при расчете звуковой дозы следует исходить из максимально допустимой чувствительности наушников [EN 50332-3].

Однако удобство использования наушников с цифровыми беспроводными или проводными интерфейсами привело к быстрому отказу от таких простых пассивных наушников. Это открывает новые возможности для повышения точности CSD и лучшего содействия безопасному прослушиванию, включая:

- передачу информации о чувствительности прослушивающим устройством в PAD, включая изменения, вызванные внутренней обработкой;
- вычисления в устройстве прослушивания приращений CSD для связи с PAD во время сеанса прослушивания;
- учет системой качества уплотнения в ушах конкретного пользователя, что обеспечивает более релевантное значение чувствительности, чем при измерении на лабораторных манекенах для акустических испытаний;
- персонализированную обработку для повышения четкости контента, что делает приемлемыми более низкие уровни громкости.

Все более распространенная PAS, способная реализовать эти возможности, состоит из PAD смартфона, подключенного через интерфейс Bluetooth к наушникам с возможностью обработки сигнала. Учитывая эти существующие технические возможности и в целях стимулирования будущих разработок рекомендуется придерживаться двух общих принципов:

- расчет приращений звуковой дозы следует проводить как можно позже в сигнальной цепочке – от сохраненного музыкального файла до уха, поскольку именно здесь можно получить наилучшую оценку приращений CSD. В частности, приращения CSD должны включать влияние всех регуляторов громкости в цепочке обработки сигнала;
- накопление CSD с течением времени для определения доли еженедельной допустимой звуковой нагрузки, полученной пользователем, лучше всего выполнять в устройстве, содержащем визуальный дисплей, позволяющий сильнее влиять на поведение пользователя посредством санитарно-просветительских информационных сообщений. Такое устройство также лучше всего подходит для поддержки базы данных с персональной медицинской информацией пользователя или подключения к ней.

Принимая во внимание эти принципы, если устройство прослушивания способно передавать через цифровой интерфейс значения чувствительности, зависящие от текущей настройки громкости, их следует использовать вместо максимально допустимой чувствительности наушников. Кроме того, если устройство прослушивания способно определять приращения CSD для всего или части сеанса прослушивания и передавать эту информацию через цифровой интерфейс, то PAS должна использовать ее в PAD вместо расчета приращения CSD.

Такие возможности потенциально позволяют сделать прослушивание более безопасным в сценариях использования, выходящих за рамки простого сценария с одним музыкальным проигрывателем. Эта тема является предметом дальнейшего изучения.

10 Профили

Предлагаемая цель профилей или различных уровней PAS состоит в том, чтобы предоставить конечным пользователям средства указания сравнительной точности различных реализаций PAS простым и значимым образом, чтобы укрепить доверие к рассчитанной звуковой дозе и получаемым уведомлениям.

11 Санитарно-просветительское информирование

Стратегия "Сделать прослушивание безопасным" (см. Дополнение I) направлена на снижение риска потери слуха за счет пропаганды безопасного прослушивания среди целевой группы (пользователей персональных звуковоспроизводящих устройств). Ввиду этого в стандарт безопасных устройств прослушивания включен инструмент, позволяющий людям контролировать звуковое воздействие. Такой инструмент должен предоставлять пользователям возможность безопасного прослушивания при сохранении хорошего качества звука. Наряду с этим важно, чтобы у пользователей устройств была возможность сделать правильный выбор в отношении прослушивания за счет большей осведомленности и информированности.

С этой целью в данном разделе рассматриваются аспекты санитарно-просветительского информирования, которое следует проводить для полного внедрения стандартов безопасных устройств прослушивания.

Этот пункт посвящен информированию производителей персональных звуковоспроизводящих устройств о том, как пропагандировать безопасные методы прослушивания среди пользователей/потребителей. В частности, в нем представлены основанные на фактических данных рекомендации о том, как сообщать о рисках небезопасного прослушивания и помогать пользователям/потребителям придерживаться надлежащего поведения в этой области. Рекомендации основаны на доказательствах, приведенных в рецензируемых статьях или полученных в результате изучения привычек прослушивания целевой группы, то есть пользователей персональных звуковоспроизводящих устройств.

11.1 Цель включения санитарной информации в стандарты безопасного прослушивания персональных звуковоспроизводящих систем

Цель состоит в том, чтобы предоставить пользователям информацию и рекомендации, которые позволят им сделать выбор в пользу безопасного прослушивания. К ним относятся:

- предоставление сведений о личном использовании, чтобы пользователь знал:
 - свои собственные привычки прослушивания (использование ежедневной и еженедельной допустимой звуковой нагрузки);
 - способы использования функций безопасного прослушивания конкретных устройств;
- персонализированные рекомендации и побудительные сигналы, способствующие безопасному прослушиванию, настраиваемые в зависимости от профиля прослушивания каждого пользователя;
- общие сведения:
 - о безопасном прослушивании и практических способах его достижения;
 - о риске, связанном с небезопасным прослушиванием;
 - о риске потери слуха из-за громких звуков из других источников, кроме персональной звуковоспроизводящей системы.

Эти сведения и рекомендации должны предоставляться пользователям по умолчанию через их мобильные устройства, чтобы снизить риск потери слуха.

11.2 Ключевые рекомендации по информированию в рамках стандартов безопасных устройств прослушивания

Информация и сообщения о безопасном прослушивании должны предоставляться посредством:

- интерфейса устройства¹ (везде, где доступен соответствующий аудио- или визуальный интерфейс);
- инструкций по эксплуатации.

¹ Относится к аппаратным компонентам (таким, как экран), которые позволяют пользователю взаимодействовать с электронным устройством.

Информация о функциях для безопасного прослушивания устройства должна быть указана на упаковке или внутри нее.

11.2.1 Информирование пользователя об интерфейсе устройства

В пунктах 11.2.1.1 и 11.2.1.2 указаны сведения, которые должны быть доступны пользователю через интерфейс устройства.

11.2.1.1 Сведения о персональном использовании

Пользователям должна быть доступна информация о различных параметрах прослушивания, определяющих их привычки при прослушивании, чтобы они могли отслеживать воздействие звука через свое устройство. Если это устройство снабжено экраном, на нем может отображаться специальный значок. Этот значок должен в простой для понимания форме отображать степень потребления ежедневной/еженедельной допустимой звуковой нагрузки, например использованную часть недельной допустимой звуковой нагрузки и историю прослушивания за последние семь дней.

В устройствах без экрана эта информация должна доноситься с помощью альтернативных средств, таких как звуковые сигналы, или через другое устройство, снабженное экраном.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На таких устройствах (без экранов) обратная связь с пользователем может осуществляться не в режиме реального времени, а позднее.

Устройство (по возможности) должно отображать:

- a) средний уровень звука за день и неделю;
- b) время прослушивания в часах и минутах в течение дня и недели.

На рисунке 11-1 приведен ненормативный пример информации, представленной в визуальном интерфейсе безопасного прослушивания смартфона.



H.870(18)-Err.1(18)_F11-1

Рисунок 11-1 – Примеры информации, представленной в визуальном интерфейсе безопасного прослушивания смартфона

11.2.1.2 Сообщения

Устройство должно доводить до пользователя предупреждения и побудительные сигналы:

- a) Когда пользователь превышает 100% еженедельной допустимой звуковой нагрузки, устройство должно выдавать соответствующие предупреждения и побудительные сигналы. Предложения по составлению таких сообщений приведены в Дополнении VII.
 - Пользователь должен сначала получить предупреждение в текстовой и графической форме, информирующее о достижении порогового значения и о том, что с этого момента дальнейшее прослушивание с той же громкостью будет представлять опасность для его слуха.

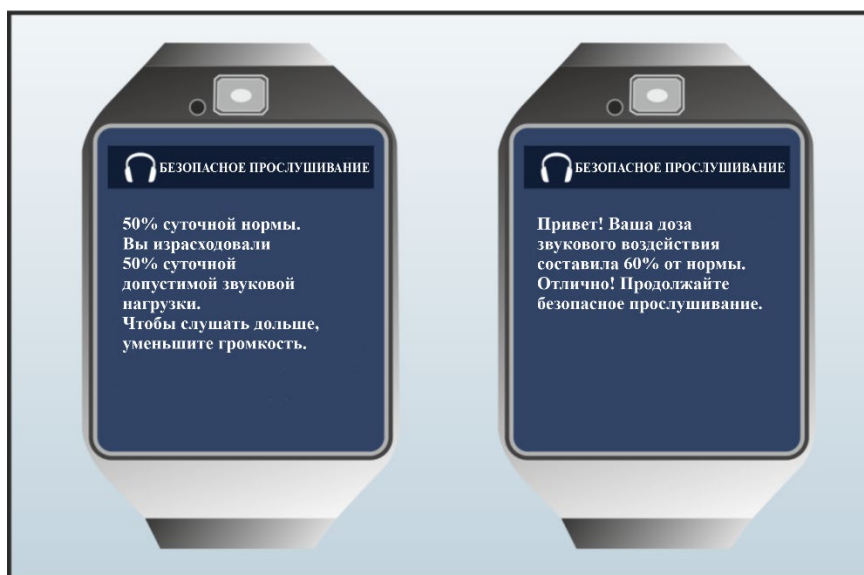
- За предупреждением должен следовать побудительный сигнал, когда пользователю предлагается выбор – либо принять риск продолжения прослушивания, либо защитить свой слух. Побудительный сигнал должен быть связан с активными параметрами устройства, такими как:
 - возможность автоматической установки безопасной громкости, когда устройство автоматически меняет громкость для достижения более безопасного уровня прослушивания;
 - прямой доступ к настройкам громкости;
 - установка предельных уровней громкости по умолчанию;
 - возможность сделать напоминание позже;
 - возможность проигнорировать сообщение и продолжить прослушивание.
- Если пользователь не предпринимает никаких действий, громкость автоматически уменьшается, как описано в пункте 13.1 (уровень звука в DRP с коррекцией диффузного поля не более 80 или 75 дБА (в зависимости от выбранного режима)).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Сроки реализации этой функции производителями будут соответствовать рекомендациям CENELEC.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если при достижении 100% недельной допустимой звуковой нагрузки для пользователя уровень автоматически снижается до 80 дБА (75 дБА для чувствительных слушателей), то уровень звукового воздействия на пользователя будет продолжать расти и превысит 100%. Таким образом, такое действие не обеспечивает полной защиты от дальнейшего риска для слуха; скорее цель состоит в том, чтобы прослушивание продолжалось на умеренном уровне, пока пользователь не подтвердит предупреждение.

- b) Устройство должно выдавать соответствующие сообщения, когда допустимая звуковая нагрузка достигнет определенных уровней. Предлагаемые уровни, на которых могут подаваться предупреждения/сигналы, и их примерное содержание приведены в пункте VII.1.

Такие предупреждения зависят от возможностей устройства и должны быть мультимодальными, например в форме визуальных, вибрационных или звуковых предупреждений, чтобы гарантировать привлечение внимания пользователя. На рисунке 11-2 приведены ненормативные примеры сообщений, отображаемых в умных часах.



H.870(18)_F11-2

Рисунок 11-2 – Пример сообщений, отображаемых в умных часах

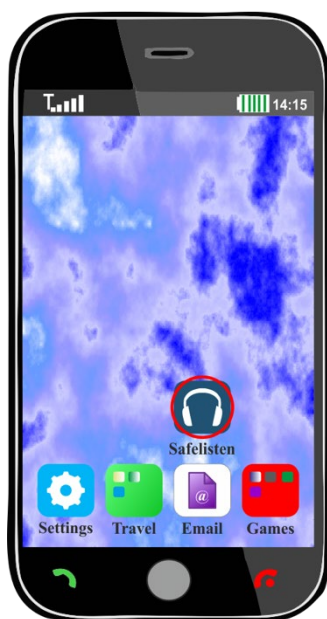
- Ежедневные сообщения. Устройство должно передавать ежедневное сводное сообщение, основанное на поведении пользователя при прослушивании за последние дни, поощряя привычки безопасного прослушивания и препятствуя привычкам небезопасного прослушивания или предупреждая о них. Примеры таких сообщений приведены в пункте VII.3.

11.2.2 Общие сведения

- Если устройство оснащено экраном, на нем должна отображаться информация о безопасном прослушивании и его преимуществах, а также о рисках, связанных с небезопасным прослушиванием.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ожидается, что указанная информация будет доступна без необходимости чрезмерной навигации.

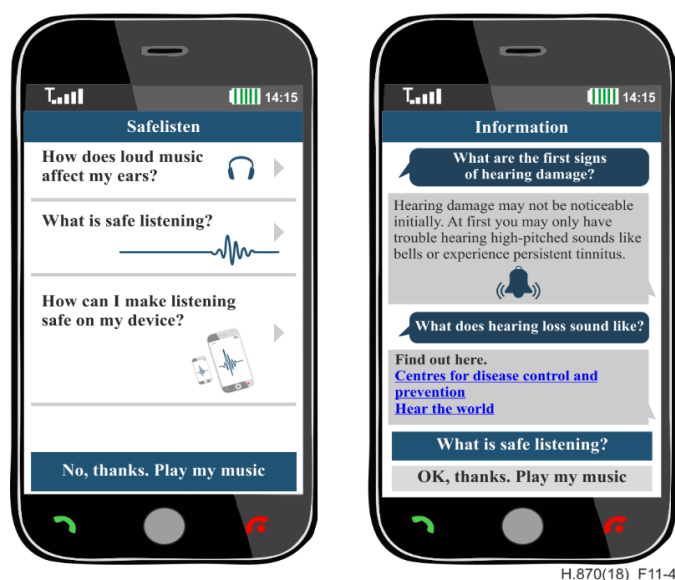
Наличие этой информации должно отображаться в пользовательском интерфейсе (на главном экране) с помощью отчетливого и узнаваемого значка. Ненормативный пример значка безопасного прослушивания, отображаемого на экране смартфона, приведен на рисунке 11-3.



H.870(18)_F11-3

Рисунок 11-3 – Значок безопасного прослушивания, отображаемый на экране смартфона

Должно присутствовать руководство, информирующее пользователей о том, что такое безопасное прослушивание, каковы риски небезопасного прослушивания, а также о функциях безопасного прослушивания устройства и о способах их использования. Экраны также должны содержать ссылки на соответствующие веб-страницы, где пользователь может найти дополнительные сведения. Ненормативные примеры экранов со ссылками на информацию о безопасном прослушивании и внешними ссылками приведены на рисунке 11-4.



H.870(18)_F11-4

Рисунок 11-4 – Примеры экранов со ссылками на информацию о безопасном прослушивании и внешними ссылками

11.2.3 Информирование с помощью иных средств, помимо самого устройства

11.2.3.1 Руководство пользователя

В руководстве пользователя должно быть четко указано, что небезопасные методы прослушивания с использованием устройства создают риск необратимой потери слуха.

Оно также должно содержать подробную информацию о функциях ограничения громкости и побудительных сигналах.

В руководстве пользователя также должны присутствовать четкое описание принципов работы системы оценки допустимой звуковой нагрузки и указание на ее неопределенность.

В руководстве должно быть четко указано, что в сведениях об устройстве не учитываются дополнительные источники звукового воздействия в виде других звуковоспроизводящих устройств и окружающего звукового воздействия.

В руководстве также могут содержаться сведения о средствах защиты органов слуха от громких звуков из окружающей среды в целях минимизации риска потери слуха.

11.2.3.2 Упаковка

Настоятельно рекомендуется поместить сообщение/предупреждение на внешней упаковке устройств. Рекомендуется, чтобы такое предупреждение/сообщение:

- было лаконичным, простым и понятным;
- сопровождалось соответствующей иллюстрацией;
- располагалось на однотонном фоне.

11.2.3.3 Веб-сайт и реклама

Информация о безопасном прослушивании должна быть размещена на веб-сайте производителя (например, вспомогательная информация об интерфейсе устройства, см. пункт 11.2.1).

Текст, размещенный на веб-сайте производителя, должен быть основан на фактических данных и соответствовать рекомендациям ВОЗ/МСЭ по стандартам безопасного прослушивания. Можно включить ссылку на веб-сайт ВОЗ и другие соответствующие авторитетные веб-сайты.

При наличии возможности реклама продуктов также может содержать соответствующую информацию. Такая информация может относиться как к потенциальному вреду для слуха из-за неправильного использования устройства, так и к преимуществам безопасного прослушивания для поддержания здорового слуха и получения удовольствия.

12 Контроль окружающего шума

С учетом того что уровень прослушивания тесно связан с уровнем окружающего шума (например, см. рисунок 9 в [b-Portnuff]), использование наушников, обеспечивающих некоторую степень ослабления окружающего шума, приводит к выбору пользователями уменьшенной громкости прослушивания и, следовательно, уменьшает общее воздействие шума. Такого ослабления окружающего шума можно достичь с помощью пассивных средств или активного контроля с электронным подавлением окружающего шума [b-Berger-Voix].

12.1 Пассивное подавление фонового шума

Первый подход к ограничению окружающего шума во время прослушивания музыки заключается в объединении функций наушников с шумоизоляцией, обеспечиваемой устройством пассивной защиты органов слуха. Такие наушники могут представлять собой большие полноразмерные наушники, в которых жесткий корпус и мягкая подушечка обеспечат надлежащее подавление окружающего шума. Они также могут поставляться в виде наушников-вкладышей, в которых используются ввинчивающиеся вкладыши из пеноматериала, формованные вкладыши или даже вкладыши, изготовленные по индивидуальному заказу, которые обеспечивают существенное подавление шума при правильной установке в слуховом канале [b-Smith-Voix]. В этих изделиях используется только пассивное шумоподавление, и их иногда называют шумоизолирующими головными телефонами/наушниками. Для надлежащего подавления окружающих звуков требуется плотное прилегание наконечников наушников к стенкам слухового канала пользователя, чего нельзя достичь с помощью распространенного наушника-пуговицы (см. раздел "Головные телефоны, расположенные внутри ушной раковины" в [ITU-T P.57]), который просто размещается в ушной раковине или на входе в слуховой канал и не обеспечивает существенного шумоподавления.

12.2 Активное подавление фонового шума

В последние десятилетия выпускаются полноразмерные наушники и наушники-вкладыши с активным шумоподавлением (ANR). В этих устройствах с помощью аналогового или цифрового контроллера генерируются звуковые волны той же амплитуды, что и у исходного возмущения (окружающего шума), но с противоположной фазой. Они могут достаточно эффективно устранять или уменьшать фоновый шум в области барабанной перепонки пользователя.

12.3 Преимущества шумоизолирующих наушников

Основное преимущество шумоизолирующих наушников – при условии, что они правильно подогнаны, – заключается в том, что они позволяют владельцу понизить громкость прослушивания до более безопасного значения, поскольку окружающий шум частично подавляется, как показано на рисунке 9 [b-Portnuff] (см. также [b-Voix, Socq, Hager]). Тем не менее может быть трудно добиться надлежащей посадки шумоизолирующих наушников-вкладышей и/или постоянно поддерживать ее в течение некоторого времени. Небольшие изменения в посадке шумоизолирующих наушников влияют не только на степень шумоподавления, обеспечиваемого этими устройствами, но и на частотную характеристику наушников, а также резко увеличивают неопределенность, связанную с уровнем звукового давления, создаваемого в закрытом слуховом канале. Этот последний эффект особенно заметен при использовании пассивных наушников-вкладышей, которым для превосходной шумоизоляции и оптимальной частотной характеристики требуется идеально герметичный слуховой канал.

12.4 Проблемы безопасности, связанные с шумоизолирующими наушниками

Чтобы эффективно подавлять окружающий шум, изолирующие наушники должны обеспечивать высокую степень ослабления звука. Это также может вызвать некоторые опасения относительно безопасности использования таких изолирующих устройств в повседневной жизни, не говоря уже об отвлечении внимания, вызванном самим прослушиванием музыки. Действительно, шумоизолирующие наушники, если они правильно подобраны, могут ослабить окружающие шумы до очень низкого, трудновоспринимаемого уровня. В сочетании с тем, что воспроизводимая музыка дополнительно маскирует остаточный окружающий шум, это ведет к нарушению слуховой ситуационной осведомленности. Будет потерян окружающий шум, несущий полезную

информацию, такую как телефонные звонки или сигналы автомобилей, и подавлена возможность обнаружения, распознавания и идентификации опасных источников звука. Кроме того, использование шумоизолирующих наушников может повлиять на способность локализации источника звука по азимуту и высоте, а также на оценку расстояния до него, скорости и направления его движения.

По этой причине производителям рекомендуется предупреждать пользователей о рисках, связанных с использованием PAS и сопутствующих наушников/головных телефонов в то время, когда слуховые сигналы могут иметь решающее значение (уличная пробежка, вождение автомобиля и т. д.) и потеря таких сигналов потенциально может привести к опасным последствиям.

13 Регулирование громкости

13.1 Ограничение громкости

Устройство или система должны предоставлять пользователю удобный способ ограничения громкости. Это функция, которая сообщает заданный стандартный предел воздействия (допустимая звуковая нагрузка), и если это сообщение не подтверждено, автоматически уменьшает громкость устройства до такого уровня в DRP, который с коррекцией диффузного поля не превышает 80 или 75 дБА (в зависимости от выбранного режима). Кроме того, рекомендуется включать эту функцию по умолчанию и предоставить пользователю возможность при желании отключить ее.

В этом случае сообщение о возможности ограничения громкости должно отображаться автоматически, когда пользователь достигает 100% недельной допустимой звуковой нагрузки. Пользователю должен подаваться сигнал, который позволит ему продолжить прослушивание, если он не желает уменьшать громкость устройства. Без подтверждения громкость по умолчанию уменьшится для заданного уровня. По возможности пользователям должна предоставляться возможность настраивать этот уровень (уровень ограничения громкости устройством) в соответствии с их предпочтениями.

13.2 Регулятор громкости, защищенный паролем

В устройстве или системе должна быть предусмотрена возможность фиксации и блокировки максимальной громкости звука в настройках, возможно, с помощью пароля.

Это позволит родителям (или другим взрослым) ограничить максимальную громкость звука устройства ребенка так, чтобы он не мог изменить ее.

Эту функцию также можно использовать для ограничения звукового воздействия, если человек хочет зафиксировать максимальную выходную мощность своего устройства.

14 Руководящие указания по дополнительным вопросам

Когда PAS считается безопасной, в дополнение к прямому влиянию преобразователя и игрового устройства в составе PAS необходимо учитывать ряд других моментов. Некоторые сведения об этом содержится в [b-ITU-T P.360].

- При подключении головных телефонов или наушников может раздаваться резкий шум (щелчки и хлопки) из-за переходных процессов (нежелательных шумов) в системе.
- Некоторые устройства в момент подключения или сопряжения издают звук подтверждения, указывающий на успешное сопряжение устройств. В этом случае уровень звука подтверждения должен находиться в безопасном диапазоне.

Отметим, что его нельзя измерить дозиметром в PAD.

Дополнение I

Отчет о состоянии

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

По оценкам ВОЗ, в настоящее время более 1,5 миллиарда человек во всем мире в той или иной степени страдают от потери слуха; почти 30% из них по этой причине утратили трудоспособность. По некоторым оценкам, при нынешних демографических тенденциях к 2050 году во всем мире может насчитываться более 2,5 миллиарда человек, потерявших слух. Хотя эта восходящая тенденция отражает изменения в демографии населения, она также подчеркивает необходимость устранения предотвратимых причин потери слуха.

Одна из основных таких предотвратимых причин – потеря слуха, вызванная шумом, то есть чрезмерным воздействием на уши звуковой энергии, включая музыку, прослушиваемую через персональные звуковоспроизводящие устройства и системы. По оценкам ВОЗ, риску потери слуха из-за небезопасной практики прослушивания подвержены 1,1 миллиарда человек в возрасте от 12 до 35 лет. Это делает решение данной проблемы неотложной задачей общественного здравоохранения, тем более что даже теперь нелеченая потеря слуха причиняет ущерб в размере 980 млрд. долл. США во всем мире.

Отвечая на просьбу Государств-Членов, содержащуюся в резолюции WHA70.13 Всемирной ассамблеи здравоохранения, ВОЗ работает с другими заинтересованными сторонами над снижением риска потери слуха, вызванного небезопасным прослушиванием, путем повышения осведомленности и поощрения безопасного поведения при прослушивании. Для внесения этого изменения требуется, чтобы пользователи персональных звуковоспроизводящих устройств или систем имели возможность доступа к устройствам/системам с функцией безопасного прослушивания.

С этой целью ВОЗ с помощью МСЭ провела анализ пробелов в стандартах, касающихся безопасного прослушивания. Результаты приведены в отчете по адресу:

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/deafness-and-hearing-loss/monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf?sfvrsn=336b9823_5.

Другие справочные документы на эту тему, посвященные инициативе "Сделать прослушивание безопасным", можно найти на веб-странице: <https://www.who.int/activities/making-listening-safe>, а обзор – в документе https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx.

После выпуска первой версии этого стандарта лишь немногие предприятия приняли некоторые из его рекомендаций, предоставив своим пользователям важную информацию и способы безопасного прослушивания. Вторая версия этого стандарта обеспечит его применимость к более широкому кругу устройств и предложит людям больше функций безопасного прослушивания, способствуя распространению практики безопасного прослушивания и снижению растущего риска потери слуха для людей во всем мире.

Дополнение II

Функция оценки дозы в персональной звуковоспроизводящей системе

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

II.1 Введение

В этом Дополнении приведен пример того, как в персональной звуковоспроизводящей системе (PAS) может быть реализован дозиметр для измерения сигнала, поступающего с цифровых носителей, с учетом известных или предполагаемых свойств головных телефонов. Он основан на принципе равной энергии при оценке риска ухудшения слуха, когда доза измеряется квадратом А-взвешенного звукового давления, интегрированного по времени воздействия.

Также обсуждаются неопределенности, связанные с такими оценками дозы (например, доверительный интервал).

II.2 Основные сопутствующие стандарты

В [EN 50332-3] описана система измерения дозы в персональном медиаплеере (PMP), и данное Дополнение представляет собой лишь дополнительную информацию к этому стандарту.

В [IEC 61252] описаны акустические дозиметры для ношения на теле.

II.3 Определение дозы в контексте акустической дозиметрии

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt,$$

где p_A – А-взвешенное звуковое давление с поправкой на диффузное поле.

Например, доза, полученная при воздействии 80 дБ SPL в течение 40 часов, рассчитывается следующим образом:

– среднеквадратичная величина звукового давления равна $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \text{ мкПа}}{1 \text{ Па}} = 0,2 \text{ Па}$.
Соответственно доза равна $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 \text{ Па}^2\text{ч}$.

Эту конкретную дозу можно принять за эталонную, а измеренную оценку воздействия в течение определенного периода времени выразить в процентах от этой эталонной дозы. В [EN 50332-3] описанная выше доза определяется как 100% CSD. Кроме того, учитывается только доза, полученная в течение скользящего семидневного интервала.

II.4 Взвешивание разных частот

Потенциальное повреждение слуха, представляющее интерес для оценки дозы, возникает в улитке (внутреннем ухе); для справок см. рисунок II.1. Понятно, что измерения требуется скорректировать для непосредственного отражения возбуждения волосковых клеток улитки. Тем не менее подавляющее большинство исследований потери слуха, вызванной шумом, основано на показаниях шумомера в свободном поле, например на фабриках (строго говоря, как правило, где-то между условиями свободного и диффузного полей). Таким образом, оценка рисков и предельно допустимых воздействий основана именно на таких показаниях. А-взвешивание не предназначено специально для оценки риска потери слуха, однако исследования показали, что показания шумомера в свободном поле достаточно хорошо коррелируют с наблюдаемой потерей слуха, вызванной шумом, когда квадрат А-взвешенного звукового давления интегрируется по времени воздействия.

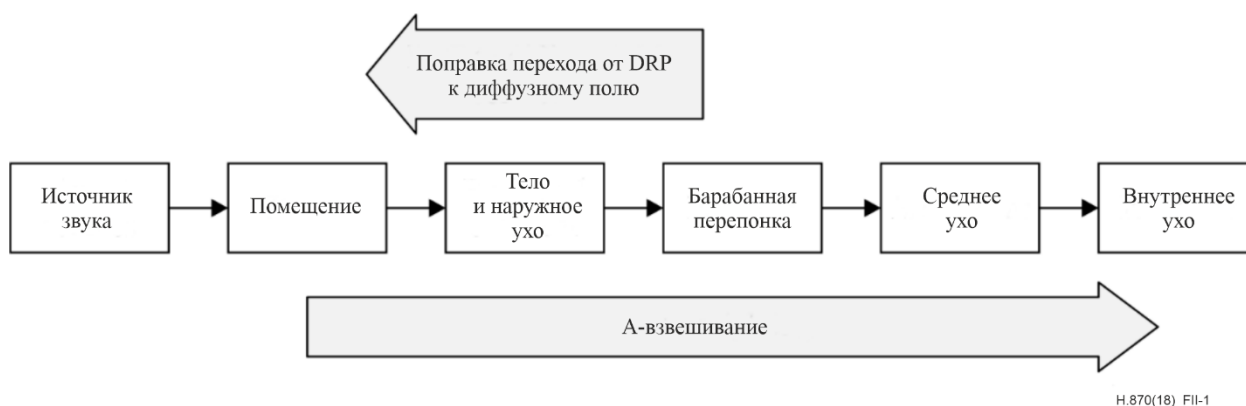


Рисунок II.1 – Концептуальное представление ролей различных поправок, используемых при измерениях для придания различным частотам определенных весов

Когда характеристики головных телефонов/наушников/гарнитуры измеряются в контрольной точке барабанной перепонки (DRP) с использованием модели головы и торса, поправка для диффузного поля преобразует результат измерения в величину, сравнимую с типичными показаниями шумомера в свободном/диффузном поле. Поскольку первоначальное исследование включало в себя источники звука, расположенные под разными углами по отношению к ушам рабочих, при оценке риска не предполагался никакой конкретный угол падения (например, поправка для фронтального падения в свободном поле на высоте 0°); вместо этого использовалась поправка для диффузного поля как среднее представление разных углов падения.

А-взвешивание и взвешивание для перехода от DRP к диффузному звуковому полю (DF) иллюстрируются на рисунке II.2.

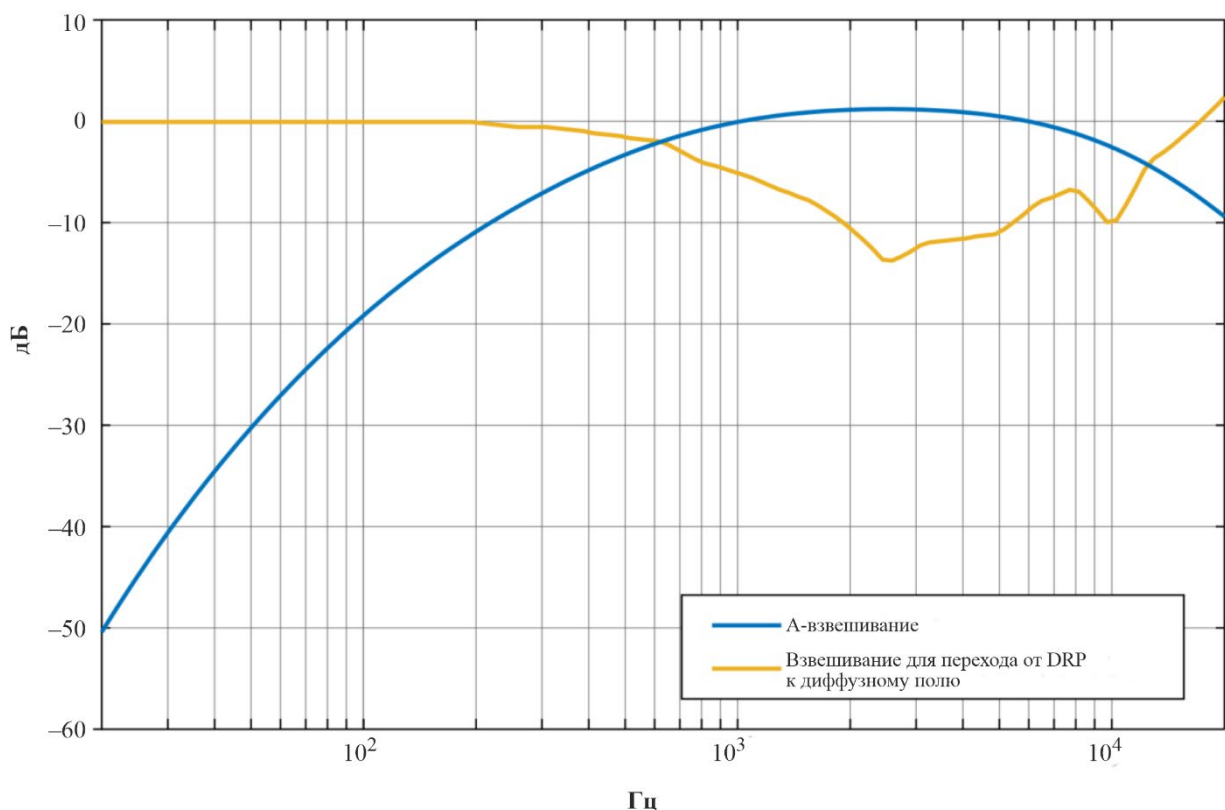


Рисунок II.2 – А-взвешивание [IEC 60268-1] и взвешивание/поправка для перехода от DRP к диффузному полю [ITU-T P.58]

II.5 Точка захвата сигнала в персональной звуковоспроизводящей системе (PAS)

На рисунке II.3 показан пример системы аудиоплеера и предпочтительная точка захвата дозиметра, в которой измеренный сигнал x вводится непосредственно перед цифроаналоговым преобразованием.

Поскольку сведения о p_A , как правило, отсутствуют, здесь показано, как оценить p_A по цифровому сигналу в плеере (PAD, персональном звуковоспроизводящем устройстве без преобразователя) и другим известным или предполагаемым характеристикам PAD и головных телефонов.

Количественные характеристики, необходимые для оценки дозы, описаны в таблице II.1.

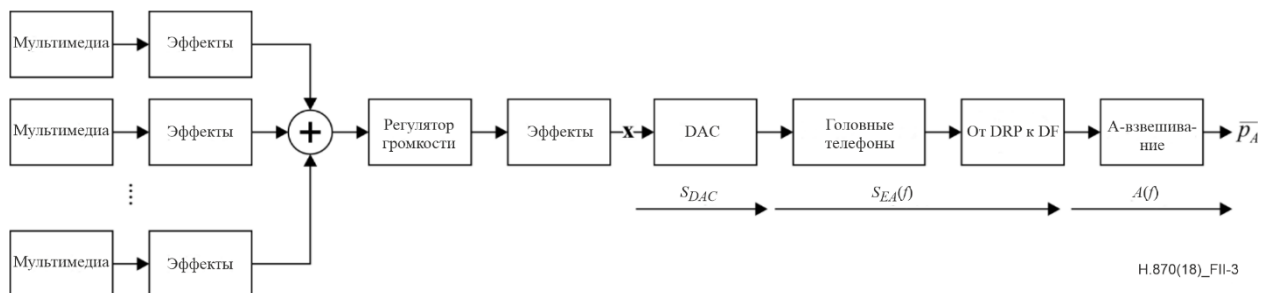


Рисунок II.3 – Пример системы аудиоплеера и предпочтительной точки захвата сигнала дозиметром

Таблица II.1 – Количественные характеристики, необходимые для оценки дозы

Количественная характеристика	Описание	Единица измерения
x_L и x_R	Цифровые сигналы левого и правого каналов, измеренные в звуковоспроизводящей системе PAS после суммирования всех источников звука, регулировки громкости и полной обработки звука	Величина выборки
S_{DAC}	Чувствительность цифроаналогового преобразователя и последующей аналоговой схемы. Если гарнитура имеет цифровой вход, то этот параметр относится к гарнитуре, а не к плееру	Вольт/ величина выборки
$S_{EA}(f)$	Электроакустическая чувствительность головных телефонов, измеренная в контрольной точке барабанной перепонки (DRP), а затем скорректированная с помощью поправки для перехода от DRP к диффузному полю в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц. О методе измерения частотной характеристики гарнитуры в направлении приема см. в [ITU-T P.381], о коррекции для диффузного поля – в [ITU-T P.58], а дополнительную информацию, например о пятикратном повторении и усреднении, можно получить в [ITU-T P.380]	Паскаль/вольт
$A(f)$	Сеть фильтров А-взвешивания; общую спецификацию см. в [IEC 61672-1], а цели проектирования дозиметра – в [IEC 61252]	Вольт/вольт
T	Длительность сегмента	Час

II.6 Обработка левого и правого каналов

Для простоты и на основе некоторых измерений при реализации и интерпретации результатов оценки разовой дозы используется средняя мощность левого и правого каналов (см. [b-SG16-R17]).

II.7 Пример реализации дозиметра

Для дискретных периодов времени, основанных на сегментах, оценка суточной/недельной дозы может быть реализована соответственно во временной или частотной области.

- 1) Получить n выборок на канал сигнала x (обычно в течение 1-секундного временного окна). Отфильтровать сигнал для учета параметров DAC, головных телефонов и А-взвешивания:

$$z(k) = filter(x(k), [S_{DAC} \cdot S_{EA}(f) \cdot A(f)]).$$

- 2) Рассчитать среднюю мощность левого и правого каналов и умножить на длительность сегмента:

$$dose_{segment} = T \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (z(k)_L^2 + z(k)_R^2).$$

- 3) Добавить вклад дозы к ранее накопленной оценке дозы:

$$dose_m = dose_{m-1} + dose_{segment}.$$

- 4) (Факультативно) отобразить значение дозы за текущий день и предыдущие шесть дней.
- 5) (Факультативно) выразить общую дозу в процентах от эталонной.
- 6) После полуночи – сохранить дозу на закончившийся день, обнулить суточную дозу и измерить новую.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Накопленная доза должна храниться с достаточной точностью во избежание обнуления малых порций, состоящих из одного сегмента.

II.8 Преодоление сложности вычислений

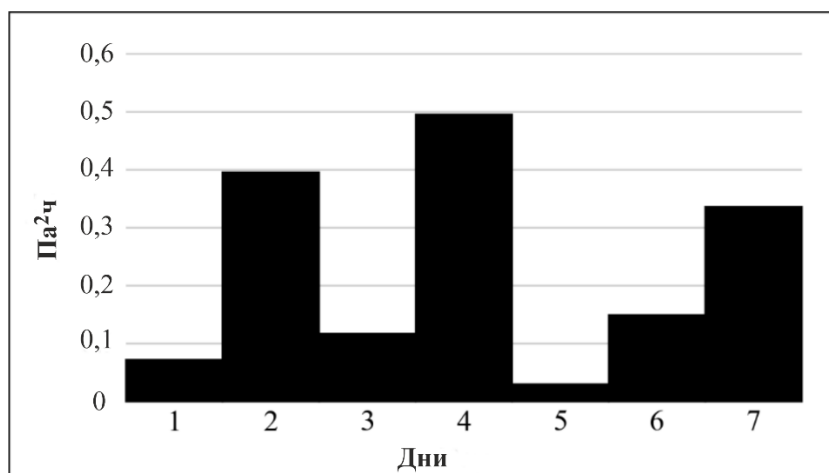
Для экономии вычислительных ресурсов и продления времени работы батареи сигналы могут подвергаться децимации (без сглаживающих фильтров). Следует позаботиться о том, чтобы точность оставалась достаточной для музыкальных и речевых сигналов. Следует также позаботиться о том, чтобы сохранить надлежащую фильтрацию для прореженного сигнала.

Реализацию фильтрации можно до некоторой степени упростить.

II.9 Обработка дозы в течение дней и недель

Рекомендуется хранить расчетную суточную дозу в течение непрерывного семидневного периода. Накопленная доза за текущий день и за шесть предыдущих дней сравнивается с эталонной дозой, указанной в пункте II.3.

На рисунке II.4 показан пример накопления дозы за семь дней, которая в сумме составляет 1,6 Па²ч, то есть 100% расчетной звуковой дозы.



H.870(18)_FII-4

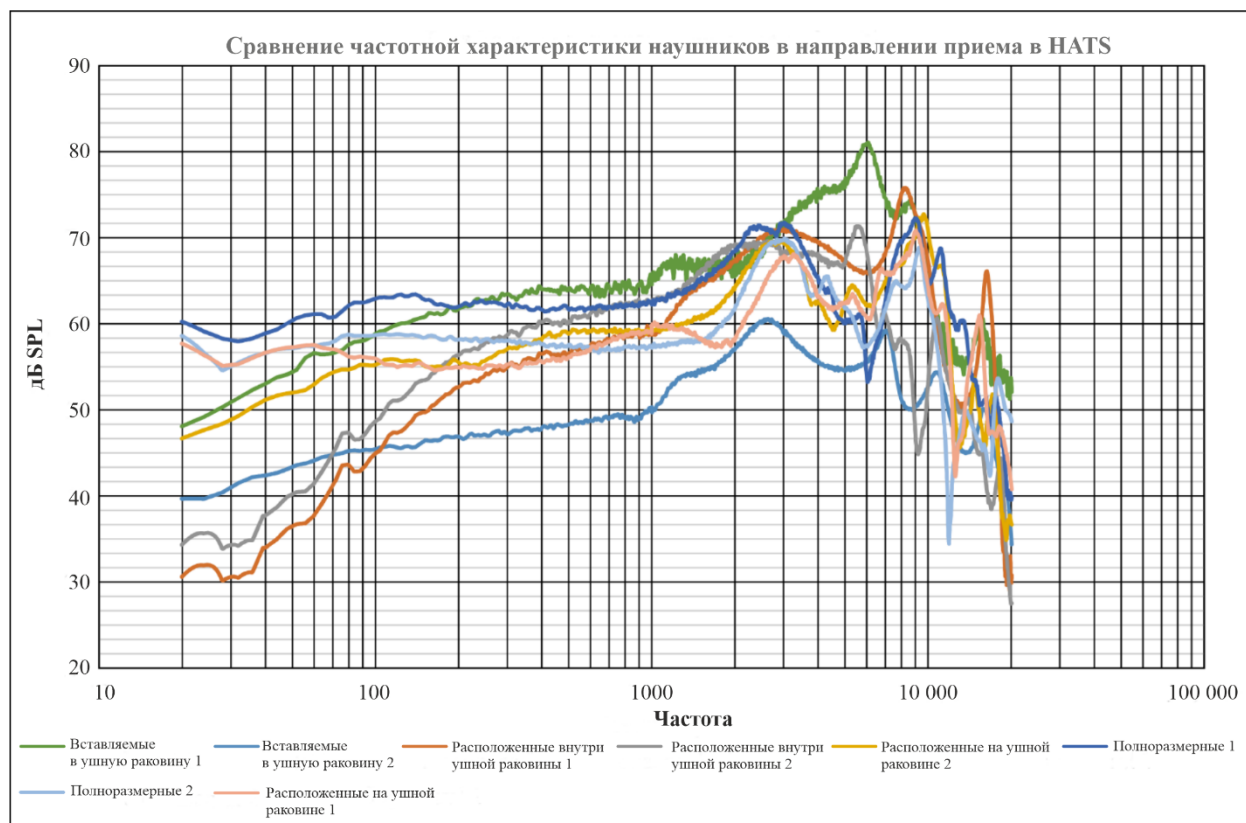
Рисунок II.4 – Пример накопления дозы за семь дней, составившей в сумме 1,6 Па²ч, то есть 100% CSD

II.10 Случай головных телефонов с неизвестными характеристиками

Во многих случаях тип головных телефонов может быть неизвестен плееру, и их чувствительность может значительно различаться, как показано на рисунке II.5. В таком случае дозиметр предполагает:

- максимально допустимую чувствительность головных телефонов, то есть характеристическое напряжение смоделированного программного сигнала (SPCV) 75 мВ, см. [EN 50332-2] и [ITU-T P.381];
- плоскую АЧХ после коррекции для диффузного поля;
- импеданс гарнитуры 32 Ом (актуально при идентификации S_{DAC}).

Это означает, что установлено постоянное значение $S_{EA}(f)$, равное 12,55 Па/В.



H.870(18)_FII-5

Рисунок II.5 – Иллюстрация изменчивости чувствительности головных телефонов и наушников девяти типов

В таблице II.2 приведены характеристики гарнитуры при максимально допустимой чувствительности в соответствии с [EN 50332-2] в полосах частот 1/3 октавы.

Таблица П.2 – Иллюстрация характеристик гарнитуры при максимально допустимой чувствительности

Шум программы моделирования			АЧХ гарнитуры			А-взвешивание			А-взвешенная акустическая характеристика		
IEC 60268-1 (с поправкой для 75 мВ)			Плоская АЧХ после коррекции для DF SPCV = 75 мВ [EN 50332-2]			[IEC 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Гц]	PSM [дБВ]	PSM [В ²]	[Гц]	[дБПа/В]	[Па/В]	[Гц]	[дБ]	[усиление]	[Гц]	[дБПа]	[Па ²]
20	-48,56	1,39E-05	20	25,10	12,55	20	-50,40	-2,52E + 01	20	-73,85	4,12E-08
25	-45,26	2,98E-05	25	25,10	12,55	25	-44,82	-2,24E + 01	25	-64,98	3,18E-07
31,5	-42,46	5,68E-05	31,5	25,10	12,55	31,5	-39,53	-1,98E + 01	31,5	-56,89	2,05E-06
40	-40,26	9,43E-05	40	25,10	12,55	40	-34,54	-1,73E + 01	40	-49,70	1,07E-05
50	-38,56	1,39E-04	50	25,10	12,55	50	-30,28	-1,51E + 01	50	-43,73	4,24E-05
63	-37,36	1,84E-04	63	25,10	12,55	63	-26,22	-1,31E + 01	63	-38,48	1,42E-04
80	-36,46	2,26E-04	80	25,10	12,55	80	-22,40	-1,12E + 01	80	-33,75	4,21E-04
100	-35,96	2,54E-04	100	25,10	12,55	100	-19,15	-9,57E + 00	100	-30,00	1,00E-03
125	-35,56	2,78E-04	125	25,10	12,55	125	-16,19	-8,10E + 00	125	-26,65	2,16E-03
160	-35,26	2,98E-04	160	25,10	12,55	160	-13,25	-6,62E + 00	160	-23,40	4,57E-03
200	-35,16	3,05E-04	200	25,10	12,55	200	-10,85	-5,42E+00	200	-20,90	8,12E-03
250	-35,06	3,12E-04	250	25,10	12,55	250	-8,68	-4,34E + 00	250	-18,63	1,37E-02
315	-35,06	3,12E-04	315	25,10	12,55	315	-6,64	-3,32E + 00	315	-16,60	2,19E-02
400	-35,06	3,12E-04	400	25,10	12,55	400	-4,77	-2,39E + 00	400	-14,73	3,37E-02
500	-35,06	3,12E-04	500	25,10	12,55	500	-3,25	-1,62E + 00	500	-13,20	4,78E-02
630	-35,06	3,12E-04	630	25,10	12,55	630	-1,91	-9,54E-01	630	-11,86	6,51E-02
800	-35,06	3,12E-04	800	25,10	12,55	800	-0,79	-3,97E-01	800	-10,75	8,41E-02
1000	-35,16	3,05E-04	1000	25,10	12,55	1000	0,00	0,00E + 00	1000	-10,06	9,87E-02
1250	-35,36	2,91E-04	1250	25,10	12,55	1250	0,58	2,88E-01	1250	-9,68	1,08E-01
1600	-35,66	2,72E-04	1600	25,10	12,55	1600	0,99	4,97E-01	1600	-9,56	1,11E-01
2000	-36,06	2,48E-04	2000	25,10	12,55	2000	1,20	6,01E-01	2000	-9,75	1,06E-01
2500	-36,66	2,16E-04	2500	25,10	12,55	2500	1,27	6,36E-01	2500	-10,28	9,37E-02
3150	-37,56	1,76E-04	3150	25,10	12,55	3150	1,20	6,01E-01	3150	-11,25	7,49E-02
4000	-38,76	1,33E-04	4000	25,10	12,55	4000	0,96	4,82E-01	4000	-12,69	5,38E-02
5000	-40,16	9,65E-05	5000	25,10	12,55	5000	0,56	2,78E-01	5000	-14,50	3,55E-02
6300	-42,06	6,23E-05	6300	25,10	12,55	6300	-0,11	-5,70E-02	6300	-17,07	1,96E-02
8000	-44,46	3,58E-05	8000	25,10	12,55	8000	-1,14	-5,72E-01	8000	-20,50	8,91E-03
10000	-46,96	2,02E-05	10 000	25,10	12,55	10 000	-2,49	-1,24E + 00	10 000	-24,34	3,68E-03
12 500	-49,86	1,03E-05	12 500	25,10	12,55	12 500	-4,25	-2,12E + 00	12 500	-29,01	1,26E-03
16 000	-53,26	4,72E-06	16 000	25,10	12,55	16 000	-6,70	-3,35E + 00	16 000	-34,86	3,27E-04
20 000	-56,66	2,16E-06	20 000	25,10	12,55	20 000	-9,34	-4,67E + 00	20 000	-40,90	8,13E-05
	Всего [В ²]	5,63E-03								Всего [Па ²]	9,97E-01
	Всего [В]	7,50E-02								Всего [Па]	9,99E-01
										Всего дБ SPL	9,40E + 01

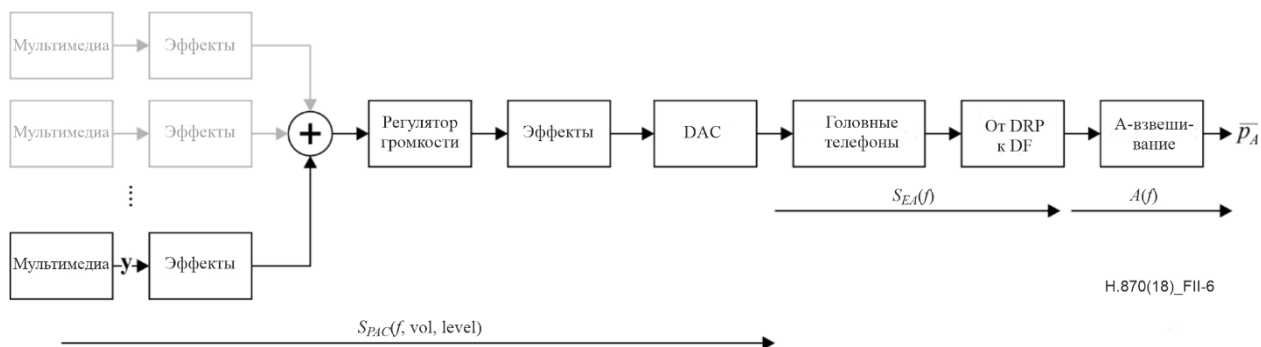
ПРИМЕЧАНИЕ. – Сигнал шума программы моделирования [IEC 60268-1], равный 75 мВ, создает уровень звукового давления 94 дБ SPL(A).

П.11 Альтернативная точка захвата звукового сигнала

Когда реализация схемы, показанной на рисунке П.3, невозможна, может быть реализован упрощенный дозиметр следующим образом.

В случае захвата сигнала в точке, расположенной дальше от выхода устройства (например, внутри определенного мультимедийного приложения, которое может получить доступ только к своему собственному мультимедийному потоку), влияние последующей цифровой звуковоспроизводящей системы, такой как система регулирования громкости и звуковых эффектов, следует учитывать наилучшим образом. Идентификацию системы S_{PAD} в параметрах настройки регулятора громкости, возможно, придется выполнить на нескольких уровнях контента, чтобы учесть возможную нелинейную обработку.

На рисунке II.6 показан пример звуковоспроизводящей системы проигрывателя в том случае, когда сигнал у захватывается внутри конкретного приложения – источника мультимедиа.



ПРИМЕЧАНИЕ. – Влияние регулировки громкости и звуковых эффектов должно учитываться наилучшим образом. К характеристикам проигрывателя относятся функции частоты (f), регулировки громкости (vol) и, возможно, уровня содержания (level).

Рисунок II.6 – Пример звуковоспроизводящей системы проигрывателя в том случае, когда сигнал у захватывается внутри конкретного приложения – источника мультимедиа

См. пункт 8.1.3.

II.12 Неопределенности

См. пункт 7.2.

Дополнение III

Европейский стандарт EN 71-1 для игрушек

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Европейский стандарт [b-EN 71-1], пункт 4.20 "Акустические характеристики", устанавливает требования, которые также применимы к магнитофонам, проигрывателям компакт-дисков и другим подобным электронным игрушкам, когда они снабжены головными телефонами или наушниками. В частности:

"...а) Уровень А-взвешенного звукового давления L_{pA} , производимого *игрушками, находящимися близко к уху*, не должен превышать 80 дБ при измерении в свободном поле. Уровень А-взвешенного звукового давления L_{pA} , производимого *игрушками, находящимися близко к уху*, не должен превышать 90 дБ при измерении с использованием ушного адаптера.

...е) С-взвешенный пиковый уровень звукового давления $L_{pC peak}$, создаваемый игрушками любого типа, за исключением игрушек с использованием ударных пистонов, не должен превышать 115 дБ.

... ф) Если С-взвешенный пиковый уровень звукового давления $L_{pC peak}$, создаваемый игрушкой, превышает 110 дБ, пользователя необходимо предупредить о потенциальной опасности для слуха (см. пункт 7.14)".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Метод, который следует использовать для определения уровня звукового давления в игрушках, приведен в пункте 8.28 [b-EN 71-1].

Пункт 7.14 [b-EN 71-1] "Акустические характеристики" предписывает, чтобы на игрушках, производящих громкий импульсный звук, или на их упаковке имелось следующее предупреждение: *"Предупреждение! Не использовать вблизи уха! Неправильная эксплуатация может стать причиной повреждения слуха"*.

Пункт А.25 [b-EN 71-1] "Акустические характеристики" предупреждает, что "чувствительность детей к громкому шуму практически неизвестна. Однако некоторые ученые придерживаются мнения, что поскольку слуховой проход у детей меньше, чем у взрослых, то и усиление будет другим, что делает детей более чувствительными к высокочастотным звукам. Импульсные звуки особенно опасны, так как человеческому уху очень трудно определить уровень звука из-за короткого времени воздействия. Достоверно известно, что после единственного воздействия высоких пиковых уровней звука может произойти необратимое повреждение слуха".

Дополнение IV

Музыка и шум

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Следующий текст взят из [b-Neitzel and Fligor].

В ходе исследования временного смещения слухового порога (TTS) в результате воздействия немusикального шума Линдгрэн и Аксельссон (Lindgren and Axelsson, 1983) обследовали 10 испытуемых и обнаружили, что такое воздействие приводит к серьезному TTS, превышающему таковое от музыкального шума той же продолжительности и с тем же общим уровнем А-взвешенного звукового давления. У четырех испытуемых наблюдалось, по существу, одинаковое TTS при воздействии звука из обоих источников, а у шести – большее TTS при немusикальном воздействии, чем при музыкальном. Это дает некоторые свидетельства того, что содержание звука и возникающее в результате субъективное восприятие воздействия могут влиять на риск TTS. В отдельном исследовании Аксельссон и Линдгрэн (Axelsson and Lindgren, 1981) задокументировали эффекты TTS у музыкантов, которые оказались меньше, чем у слушателей.

Штрассер, Эрле и Леглер (Strasser et al. 2003) также исследовали 10 человек, подвергавшихся трем видам энергетически эквивалентного воздействия музыки и немusикального звука в течение трех дней. Было обнаружено, что классическая музыка (двухчасовое воздействие со средним уровнем 91 дБА) приводит к значительно меньшему TTS (10 дБ против 25 дБ) по сравнению с промышленным шумом той же продолжительности и с тем же средним уровнем, а также с промышленным шумом энергетически эквивалентного уровня (часовое воздействие с уровнем 94 дБ), восстановление после которого происходило намного быстрее (за 100 минут против 800 минут). Как и исследование Линдгрэна и Аксельсона, это исследование показывает, что содержание звука может влиять на риск TTS.

Штрассер, Ирле и Шольц (Strasser et al. 1999) исследовали четыре типа энергетически схожего воздействия (94 дБ в течение 1 часа): белый шум, промышленный шум, хеви-металл и классическую музыку. Было обнаружено, что промышленный шум и музыка хеви-металл вызывают одинаковое TTS и требуют одинакового времени восстановления. Однако классическая музыка приводит к меньшему TTS и требует более короткого времени восстановления по сравнению с промышленным шумом, музыкой хеви-металл или белым шумом. Как и в предыдущих исследованиях, в этом исследовании подчеркиваются потенциально иные последствия воздействия классической музыки по сравнению с другими типами музыки и промышленным шумом.

Mostafapour и др. 1998 (Mostafapour et al. 1998) планомерно исследовали потерю слуха у 50 студентов университетов (средний возраст 22,1 года). Они сравнили шумовое воздействие с наблюдаемой степенью потери слуха (оцениваемое через участие – со слов пациентов – в ряде профессиональных и непрофессиональных мероприятий, а также через использование огнестрельного оружия). Авторы не отметили никакой связи между качественным воздействием любого из оцененных источников шума и наличием шумовой метки (определяемой с помощью аудиометрии чистого тона) и определили, что у пациентов был низкий риск NIHL.

Наконец, Суонсон и др. (Swanson et al. 1987) подвергали 20 мужчин 10-минутному воздействию музыки и шума примерно равной мощности (около 106 дБА). Оба вида воздействия привели к значительному аудиометрическому TTS на частотах 4 и 6 кГц. TTS было значительно больше при прослушивании музыки среди тех испытуемых, которые сообщили, что им не нравится музыка, использованная в эксперименте. Это исследование также подтверждает идею о том, что субъективные факторы, связанные с музыкой, могут влиять на риск потери слуха в результате музыкального воздействия, хотя следует отметить, что аудиометрическое тестирование включает когнитивный элемент, на который могут предположительно неблагоприятно влиять усталость, потеря мотивации или разочарование.

Дополнение V

О рефлексе стременной мышцы

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Рефлекс стременной мышцы (SMR), или акустический рефлекс среднего уха, представляет собой процесс, при котором стременная мышца и напрягающая барабанную перепонку мышца слуховых косточек сокращаются, когда ухо подвергается воздействию звука высокой интенсивности. Этот рефлекс широко изучался в [b-Moller 1995]. Сокращение стременной мышцы препятствует передаче звука через среднее ухо. Поэтому считается, что этот механизм, среди прочего, предназначен для уменьшения передачи колебательной энергии к улитке. Порог слухового рефлекса среднего уха у человека примерно на 85 дБ выше нормального порога слышимости, хотя существуют значительные индивидуальные различия [b-Moller 2013].

Дополнение VI

Рассмотрение фазы восстановления

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В работе слуховой системы различают фазу накопления и фазу восстановления. В современной дозиметрии для профессиональных условий это не учитывается. Бывают случаи, когда в спальнях помещений отсутствует тишина (на судне), в этом случае сон не считается "тихим", и детали подлежат дальнейшему изучению. Требуется дополнительная информация.

Акустическая травма – это однократное воздействие звука, приводящее к непосредственному поражению слуховой системы. Иногда ее называют звуковой травмой.

Обычно пороговый уровень акустической травмы принимается равным 200 Па, или 140 дБ SPL (пиковое значение). В публикациях по теме предполагается, что у очень восприимчивых людей этот порог может составлять всего 79,6 Па, или 132 дБ SPL (пиковое значение) [b-Price 1981].

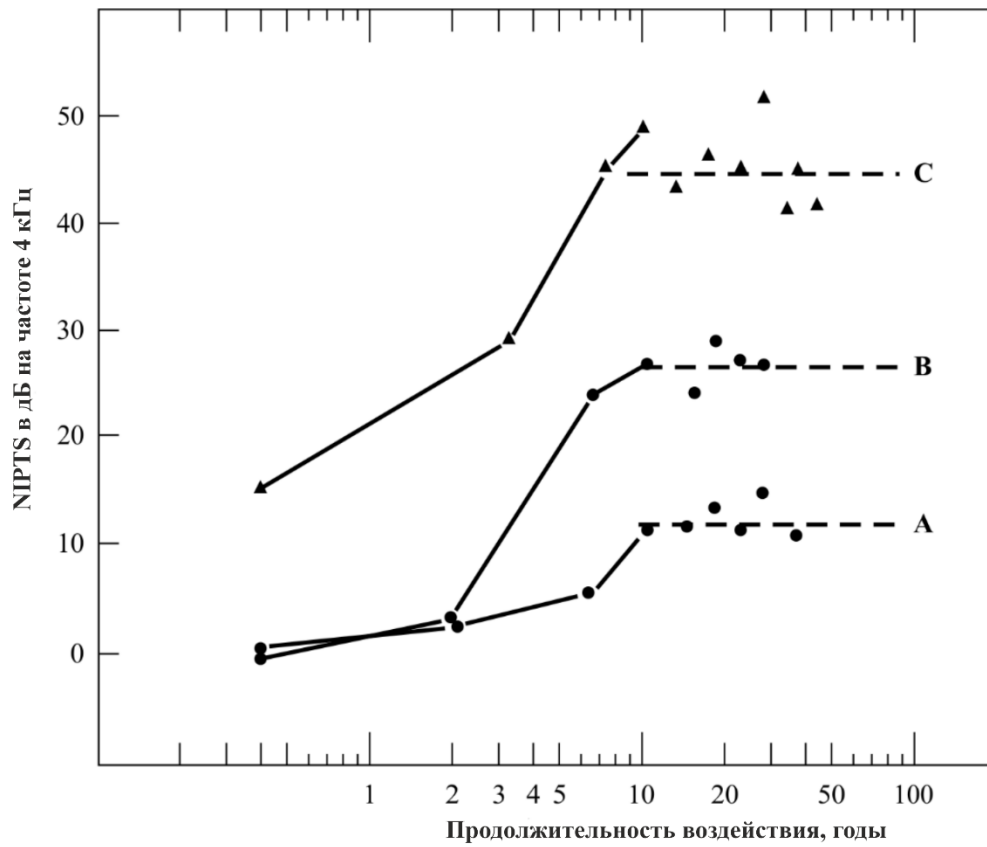
Известно, что повреждение слуха, вызванное звуком, зависит от соотношения доза–эффект. "Передозировка" звука приводит к метаболической перегрузке, что ведет к апоптозу структур улитки и первичных волокон слухового нерва.

В исследованиях воздействия шума на рабочем месте точно установлены следующие критерии риска повреждения слуха:

- 85 дБА при 8-часовом ежедневном воздействии по 40 часов в неделю в течение всего срока трудовой деятельности ($5,06 \text{ Па}^2\text{ч}$) (8% подвержены риску существенного ухудшения слуха);
- 90 дБА при 8-часовом ежедневном воздействии по 40 часов в неделю в течение всего срока трудовой деятельности ($16 \text{ Па}^2\text{ч}$) (25% подвержены риску существенного ухудшения слуха).

Ограничение на едином уровне игнорирует общепризнанные научные данные.

В [b-Nixon-Glorig 1961] показано, что после двух лет воздействия начинает развиваться необратимая потеря слуха на частоте 4 кГц в группе, подвергшейся воздействию шума мощностью 92 дБА, и после лишь четырехмесячного воздействия в группе, подвергшейся воздействию шума мощностью 97 дБА. На рисунке VI.1 из [b-Nixon-Glorig 1961] показано постоянное смещение слухового порога, вызванное шумом (NIPTS), в зависимости от количества лет профессионального воздействия шума для рабочих при трех уровнях шума. Эти сдвиги порога скорректированы с учетом возрастных изменений среди лиц, не подвергающихся профессиональному воздействию шума. Приведены графики для тестового тона 4 кГц; точки данных – это медианы. Средние А-взвешенные уровни громкости звука составили 83 дБ для группы А, 92 дБ для группы В и 97 дБ для группы С.



H.870(18)_FVI-1

Рисунок VI.1 – Постоянное смещение слухового порога, вызванное шумом (NIPTS), в зависимости от продолжительности профессионального воздействия шума на рабочих при трех уровнях шума

Дополнение VII

Пример санитарно-просветительского информирования

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

VII.1 Рекомендации по разработке предупреждающих сообщений и побудительных сигналов в интерфейсе устройств

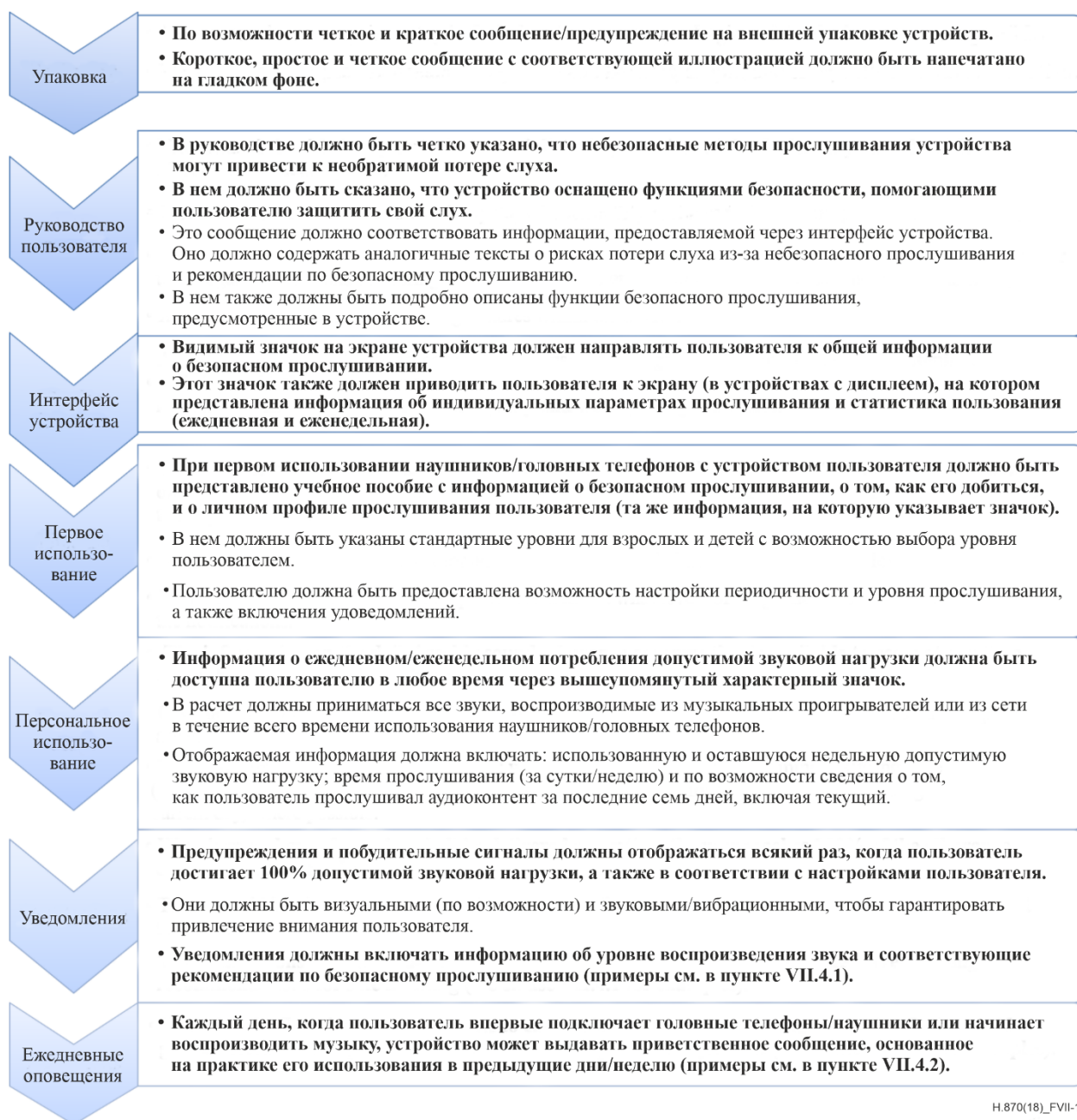
Сообщения должны разрабатываться с учетом упомянутых выше факторов. Сообщения должны быть направлены на привлечение внимания, создание интереса и побуждение пользователей к практике безопасного прослушивания. Они должны содержать полезную информацию, предлагать подходящие альтернативные модели поведения и способствовать безопасной практике прослушивания.

При разработке таких сообщений/сигналов следует учитывать следующие моменты (см. примеры в пункте VII.4):

- должны быть четко указаны преимущества безопасного прослушивания и риски, связанные с отказом от него;
- должны быть предусмотрены 3–4 варианта каждого сообщения, позволяющие передавать информацию без повторов, с расчетом на широкую аудиторию;
- тексты должны быть написаны простым и ясным языком без использования жаргонных слов на уровне восприятия людьми с образованием ниже 8-го класса, чтобы они были понятны большинству пользователей;
- одни сообщения должны быть сформулированы в позитивном ключе, а другие – в негативном (см. примеры в пункте VII.4.3);
- для облегчения понимания письменная информация должна быть дополнена графической;
- сообщения должны основываться на рекомендациях из надежного источника;
- перед использованием сообщения по возможности должны быть предварительно протестированы производителем.

VII.2 Предлагаемый набор информационных сообщений в рамках стандартов безопасных устройств прослушивания (пример)

На рисунке VII.1 приведен предлагаемый набор сообщений, призванных объяснить, как в устройствах могут быть реализованы аспекты санитарно-просветительского информирования в соответствии с настоящей Рекомендацией (пример).



H.870(18)_FVII-1

Рисунок VII.1 – Набор сообщений в рамках стандартов безопасных устройств прослушивания

VII.3 Пример представления пользователю информации о параметрах прослушивания

Посредством четко узнаваемого значка пользователь должен получать доступ к выделенному пространству (экрану) на устройстве, где хранится, отображается и интерпретируется информация о его практике прослушивания. В этом пространстве пользователь должен получать графическое представление своих общих привычек или моделей прослушивания и возможность узнать, применялись ли небезопасные методы прослушивания (и если да, то какие). Визуализация привычек прослушивания пользователя должна включать:

- графическое представление израсходованной части недельной дозы допустимой звуковой нагрузки;
- графическое представление звукового воздействия в течение суток с цветной разметкой;
- продолжительность прослушивания за каждый день и последние семь дней в часах и минутах.

VII.3.1 Информация о расходовании недельной допустимой звуковой нагрузки

Информацию о расходовании недельной допустимой звуковой нагрузки можно отобразить графически, как показано на рисунке VII.2.

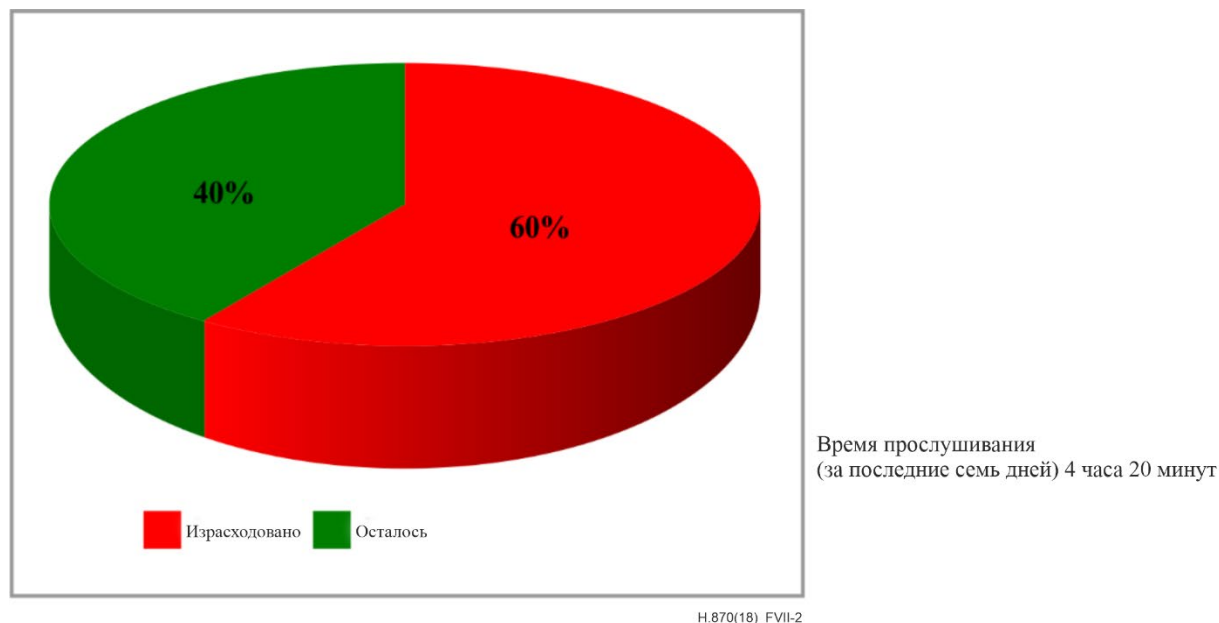


Рисунок VII.2 – Иллюстрация графического представления израсходованной части недельной допустимой звуковой нагрузки

VII.3.2 Информация о расходовании пользователем допустимой звуковой нагрузки в произвольный день

Для целей этого представления максимальная дневная допустимая звуковая нагрузка считается равной недельной допустимой звуковой нагрузке, деленной на 7 (прибл. 15% от недельной).

Потребление за последние семь дней (включая текущий) обозначается набором цветов, отражающих различные уровни, например, темно-красный для потребления более чем 100% допустимой звуковой нагрузки, а зеленый – для уровня потребления менее 50%.

Для целей данного сообщения каждый день рассматривается как отдельная единица, и воздействие, полученное в предыдущие дни, в цветовом коде дня не учитывается. Следовательно, пользователь начинает каждый день с зеленого значка, независимо от воздействия, полученного за прошедшие дни.

VII.3.3 Время прослушивания

Также должна отображаться информация об общем времени, которое пользователь ежедневно тратит на прослушивание аудиоконтента через устройство, как показано на рисунке VII.3.



Рисунок VII.3 – Информация об общем времени прослушивания аудиоконтента в течение дня

VII.4 Предупреждения и побудительные сигналы

В этом пункте приведены некоторые примеры предупреждений и побудительных сигналов для функций безопасного прослушивания.

VII.4.1 Примеры предупреждений и побудительных сигналов по еженедельному потреблению

Информирование пользователя по достижении:

- а) 80% недельной допустимой звуковой нагрузки: дружелюбное предупредительное сообщение.
- *Вы уже израсходовали 80% своей допустимой звуковой нагрузки. Уменьшите громкость, чтобы защитить слух.*
 - *Уменьшить громкость/Прекратить прослушивание/Игнорировать предупреждение/Перейти к информации о персональном потреблении.*

ИЛИ

- *Привет! Похоже, в последнее время вы слушаете много громкой музыки. Почему бы не сделать небольшой перерыв, чтобы защитить свой слух?*
- *Уменьшить громкость/Прекратить прослушивание/Игнорировать предупреждение/Перейти к информации о персональном потреблении.*

- б) 100% недельной допустимой звуковой нагрузки: предупредительное сообщение (с возможностью немедленно приостановить прослушивание).

- *Вы ПРЕВЫСИЛИ 100% своей допустимой звуковой нагрузки для безопасного прослушивания. Небезопасное прослушивание представляет угрозу для вашего слуха.*
- *Уменьшить громкость/Прекратить прослушивание/Игнорировать предупреждение/Перейти к информации о персональном потреблении.*

ИЛИ

- *Привет! В последнее время вы слушаете слишком много громкой музыки. Сделайте паузу и защитите свой слух.*
- *Уменьшить громкость/Прекратить прослушивание/Игнорировать предупреждение/Перейти к информации о персональном потреблении.*

Если пользователь выбрал "игнорировать предупреждение" или "приостановить прослушивание", то по умолчанию громкость уменьшается до предварительно заданного умеренного уровня звука (эквивалентного 80 или 75 дБА).

VII.4.2 Примеры сообщений по ежедневному потреблению

Ежедневное сообщение (при открытии приложения или на странице проигрывателя) должно основываться на потреблении пользователем допустимой звуковой нагрузки за последние несколько дней.

- а) Преимущественно зеленым цветом (когда большую часть дней уровень еженедельного потребления остается ниже 50%, не превышая допустимой нагрузки ни в один из дней): ободряющие сообщения.

- *Отлично! Это хороший способ прослушивания.*

ИЛИ

- *Отлично! Продолжайте слушать музыку без вреда для слуха, чтобы удовольствие длилось вечно.*
- *Прекрасно! Продолжайте безопасное прослушивание, чтобы удовольствие длилось вечно.*

- б) Преимущественно зеленым или желтым/оранжевым цветом (когда большую часть дней уровень еженедельного потребления остается ниже 80% допустимой звуковой нагрузки, не превышая ее ни в один из дней).

- *Будьте осторожны и слушайте безопасно.*

- *Привет! Кажется, вам иногда нравится большая громкость! Будьте осторожны и берегите свой слух, чтобы удовольствие длилось вечно!*
- *Вы можете продлить безопасное прослушивание, уменьшив громкость.*
- c) Преимущественно желтым/оранжевым цветом с эпизодическим добавлением красного (если потребление не превышает допустимую звуковую нагрузку ни в один из дней).
 - *Будьте осторожны! Уменьшите громкость, чтобы безопасно слушать дольше.*
 - *Ого! Кажется, вам иногда нравится громкая музыка! Будьте осторожны и берегите свой слух, чтобы удовольствие длилось вечно!*
 - *Ого! Следите за своим прослушиванием.*
- d) Преимущественно красным цветом (превышение допустимой звуковой нагрузки в большую часть дней).
 - *Вы подвергаете свой слух опасности. Уменьшите громкость, чтобы слушать безопасно.*
 - *Ого! Следите за тем, как вы слушаете. Уменьшите громкость.*
 - *Ого! Кажется, вам нравится очень громкая музыка! Не подвергайте свой слух риску, чтобы удовольствие длилось вечно.*

VII.4.3 Примеры формулировки сообщений в позитивном и негативном ключе; эмоциональная и рациональная мотивация

Позитивная формулировка

- **Вы превысили суточную норму допустимой звуковой нагрузки для безопасного прослушивания.** *Понизив уровень громкости, вы сможете продлить безопасное прослушивание без риска для слуха. Уменьшите громкость.*

Негативная формулировка

- **Вы превысили суточную норму допустимой звуковой нагрузки для безопасного прослушивания.** *Продолжая прослушивание в таком режиме, вы рискуете навсегда повредить свой слух. Уменьшите громкость.*

Рациональная мотивация

- *Есть свидетельства того, что слушая музыку при уровне звукового давления выше 80 дБА в течение 8 часов или при эквивалентном воздействии, можно навсегда повредить слух. Уменьшите громкость.*

Эмоциональная мотивация

- *Однажды потеряв слух, вы уже не вернете его. Слушайте безопасно. Уменьшите громкость.*

Дополнение VIII

Механизм слуха и воздействие звука

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В этом пункте содержится справочная информация по безопасному прослушиванию.

VIII.1 Звук и волны

Звук – это волна, создаваемая вибрирующим телом в среде, например в воздухе. Волны передают энергию, не передавая материю. Звуковая волна – продольная, то есть движение, создающее волну, происходит в том же направлении, что и движение волны. Волны распространяются в среде, передавая изменения силы или давления из одного места в другое. В частности, передача или распространение энергии в звукопроводящей среде осуществляется в виде чередующихся сжатий и разрежений среды. В определенный момент времени в среде происходят чередующиеся сжатия и разрежения, которые, в свою очередь, вызывают изменения давления. Когда воздух сжат, давление выше атмосферного, а когда он разрежен – ниже.

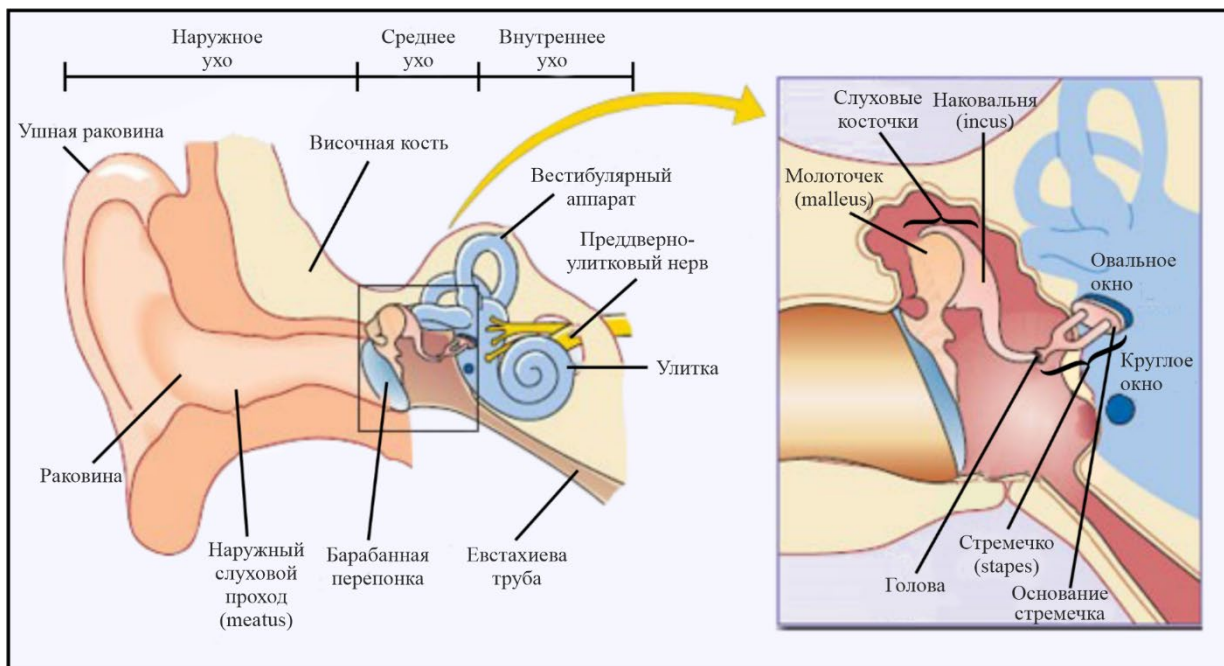
Величина сжатия и разрежения в среде распространения определяет интенсивность звука, а частота чередования сжатий и разрежений – его частоту. Энергия движения звуковых волн проходит через барабанные перепонки во внутреннее ухо, где регистрируется как звук. Интенсивность I – это энергия E в единицу времени t , протекающая через поверхность единичной площади a , или I – это мощность, протекающая через поверхность площадью a .

Чистый тон – это простой звук, колебания давления которого имеют синусоидальную форму, называемую в акустике синусоидой. Синусоидальные волны периодические.

Скорость распространения звуковой волны зависит от природы звукопроводящей среды. Скорость распространения звуковых волн в какой-то степени зависит от температуры воздуха. При комнатной температуре (20 °C) скорость составляет 344 метра в секунду (м/с), что соответствует 1238 км/ч.

VIII.2 Механизм слуха и потеря слуха

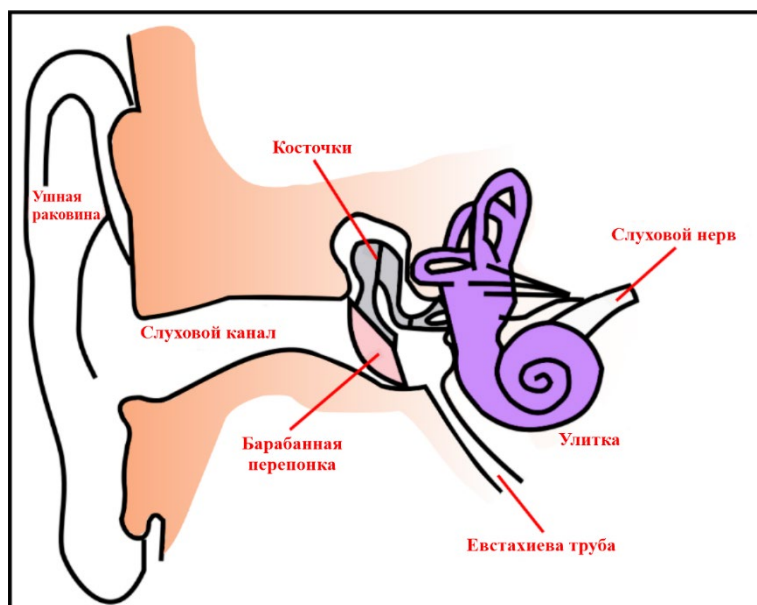
Как показано на рисунке VIII.1, ухо состоит из трех частей: наружного уха, среднего уха и внутреннего уха. Среднее ухо состоит из барабанной перепонки, которая заканчивается слуховым каналом, и трех косточек (в совокупности называемых слуховыми косточками): молоточка, наковальни и стремечка. В среднем ухе также находятся две небольшие мышцы – мышца, напрягающая барабанную перепонку, и стремечная мышца. Внутреннее ухо – самая внутренняя часть уха, состоящая из улитки, вестибулярного аппарата и преддверно-улиткового нерва. Звук можно рассматривать как серию вибраций. Эти вибрации достигают уха и улавливаются ушной раковиной. Звук поступает в виде волны в слуховой канал и достигает барабанной перепонки, которая вибрирует и преобразует волну в механическую энергию. Слуховой канал имеет длину примерно 2,5 см и диаметр примерно 0,6 см. Затем звук (или его механическая энергия) проходит через косточки в полости среднего уха.



H.870(22)_FVIII-1

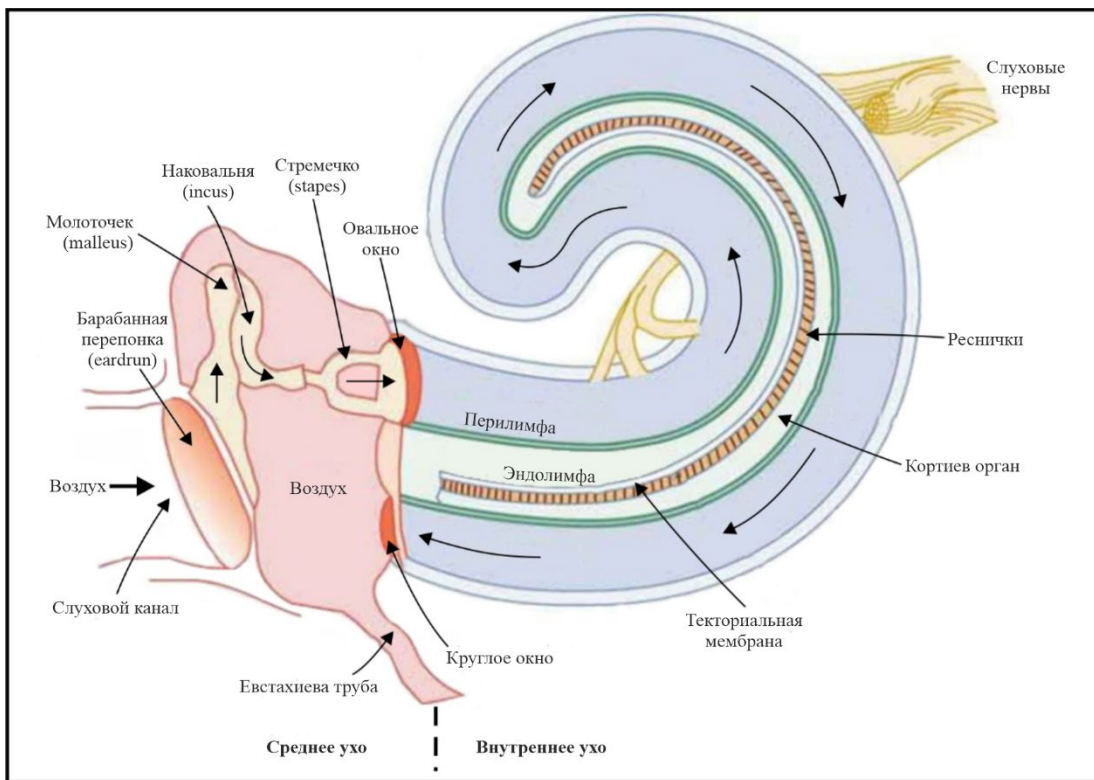
Рисунок VIII.1 – Человеческое ухо

Эти косточки усиливают механическую энергию, которая передается во внутреннее ухо через овальное окно улитки (внутреннее ухо). Стремечко ударяется об овальное окно, вызывая вибрацию жидкости во внутреннем ухе, и это движение проходит через заполненную жидкостью улитку.



H.870(22)_FVIII-2

Рисунок VIII.2 – Слуховой канал



H.870(22)_FVIII-3

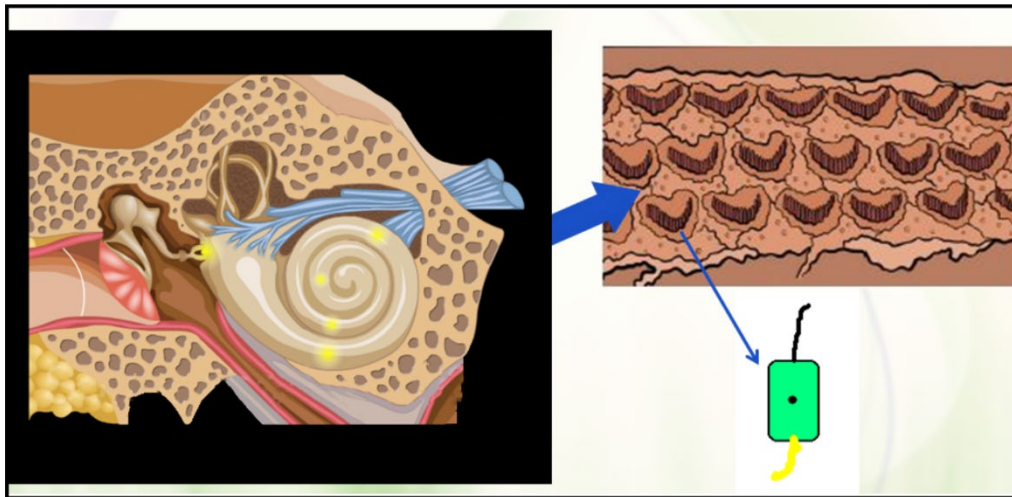
Рисунок VIII.3 – Улитка

Улитка представляет собой орган в форме улитки, как показано на рисунках VIII.2 и VIII.3. В улитке есть тысячи волосковых клеток, называемых базилярными волосками. Когда звук проходит через улитку, он перемещает жидкость, которая приводит в движение волосковые клетки, посылая электрические импульсы по слуховому нерву в мозг. Затем эти электрические сигналы интерпретируются как звук.

Когда происходит чрезмерное воздействие звука, волосковые клетки в ухе стимулируются чрезмерно. Чрезмерная стимуляция волосковых клеток вызывает их утомление и приводит к тому, что они перестают реагировать на звук. Это может вызвать временный сдвиг слухового порога (TTS), временную потерю слуха после звукового воздействия, которая может длиться от нескольких минут до нескольких дней. После периода покоя волосковые клетки восстанавливаются.

Однако повторяющееся воздействие чрезмерного звука со временем убивает эти волосковые клетки, и они теряют способность к восстановлению. Это может привести к постоянному смещению слухового порога (PTS), индуцированной звуком необратимой потере чувствительности слуха, связанной с необратимым повреждением волосковых клеток улитки.

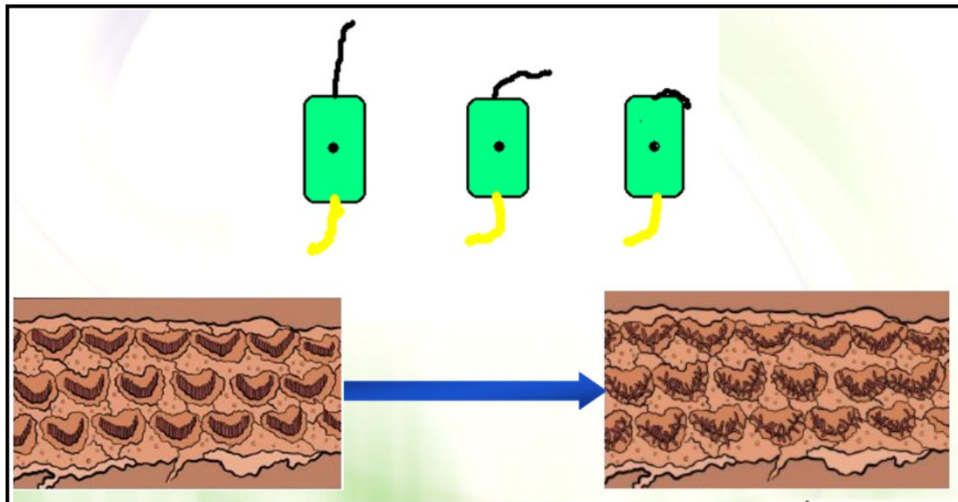
Улитка и волосковые клетки показаны на рисунке VIII.4.



H.870(22)_FVIII.4

Рисунок VIII.4 – Улитка и волосковые клетки

На рисунке VIII.5 слева показаны волосковые клетки улитки здорового человека, а справа – необратимые повреждения, к которым может привести чрезмерное воздействие звука.



H.870(22)_FVIII.5

Рисунок VIII.5 – Повреждение волосковых клеток, вызванное звуком

VIII.3 Измерение звуковой энергии

VIII.3.1 Давление

Вес атмосферы, обусловленный земным притяжением, оказывает давление на все и во всех направлениях; это называется атмосферным давлением. Оно составляет 105 ньютон/м^2 , или 105 Паскалей (Па).

Смещение волны – это величина нарушения равновесия, вызванного волной.

Размах – это изменение от минимальной до максимальной величины синусоидальной волны или сигнала. Концепция размаха иллюстрируется на рисунке VIII.6.

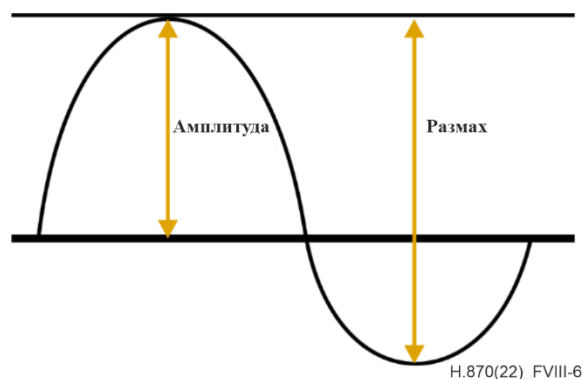


Рисунок VIII.6 – Амплитуда и размах сигнала

Амплитуда звуковой волны часто рассчитывается как среднеквадратичное значение (RMS). Среднеквадратичное значение – это квадратный корень из среднего значения квадратов мгновенных значений. Среднеквадратичное значение вычисляется путем возведения в квадрат мгновенных значений сигнала (s), затем определяется среднее значение за период (m) и, наконец, извлекается квадратный корень (r).

VIII.3.2 Децибелы

Примечание редактора: переместить это объяснение в Дополнение.

"Бел" (обозначается "Б") выражает отношение двух значений десятичным логарифмом этого отношения. Эта единица используется нечасто, поскольку ее заменил децибел (обозначается "дБ"), составляющий одну десятую часть бела.

Логарифмическая единица используется для выражения отношения двух значений физической величины. Одно из этих значений часто является стандартным эталонным значением, и в этом случае децибелы используются для выражения уровня относительно этого эталона. Математическая формула такова:

$$L_2 - L_1 = \text{Log}10 \left(\frac{I_2}{I_1} \right).$$

Словесное описание: измеренная в децибелах (дБ) разница в уровнях между звуками 2 и 1 определяется десятичным логарифмом отношения их интенсивности. Коэффициент 10 включен для расширения шкалы. Анализ функции логарифма проясняет ряд особенностей шкалы уровней (децибел). Поскольку $\log(1) = 0$, если звуки 1 и 2 имеют одинаковую интенсивность, то разница в их уровнях равна 0. Задача логарифмической шкалы состоит в преобразовании отношений в разности. Если L_2 вдвое превышает L_1 , то $L_2 - L_1 = 3$ дБ независимо от фактических значений L_2 , L_1 . Потому что $\log(2) = 0,3$ [b-Hartmann].

VIII.3.2.1 дБ SPL

Хотя шкала децибел – это шкала отношений, по которой одна величина всегда сравнивается с другой, в децибелах обычно выражаются и отдельные уровни звука, как если бы эта мера была абсолютной. Уровень звукового давления представляется логарифмом – обычно выраженным в децибелах – отношения звукового давления p к эталонному давлению p_{A0} , часто равному 20 мкПа. Отметим, что когда измеряется отношение между двумя уровнями звукового давления, а не между двумя уровнями интенсивности звука, используется коэффициент 20:

$$SPL = 20 \left(\frac{p}{p_{0A}} \right).$$

VIII.3.2.2 дБА

дБА – это уровень звукового давления в децибелах, измеренный с помощью сетки А-взвешивания – коррекции по частотной характеристике, предназначенной для измерения звука низкой интенсивности (уровень громкости около 40 фонов); единица дБА получила широкое применение также для измерения звукового воздействия на рабочем месте и в окружающей среде.

На рисунке VIII.7 иллюстрируется концептуальное представление ролей различных поправок, используемых при измерениях, для придания разным частотам определенных весов.

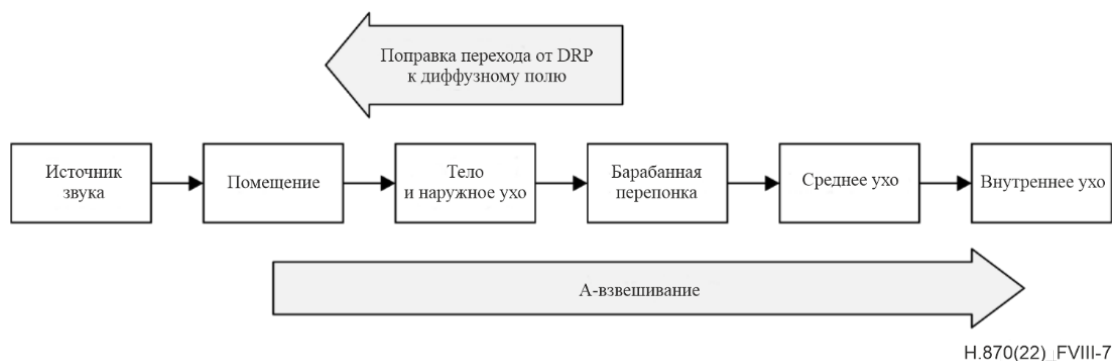


Рисунок VIII.7 – Концептуальное представление ролей различных поправок, используемых при измерениях, для придания разным частотам определенных весов

VIII.3.2.3 dBFS

Децибелы полной шкалы (dBFS) – это уровень цифрового сигнала относительно уровня перегрузки или максимального уровня. Существуют разные соглашения. Обычно цифровому представлению полномасштабной синусоидальной формы присваивается среднеквадратичное значение 0 дБ полной шкалы. Тогда пиковый уровень может достигать +3,01 дБ полной шкалы. В других случаях равным 0 дБ полной шкалы назначается среднеквадратичный уровень цифрового полномасштабного прямоугольного сигнала. Тогда максимальный пиковый уровень также равен 0 дБ полной шкалы. В последних случаях dBFS эквивалентен dBov.

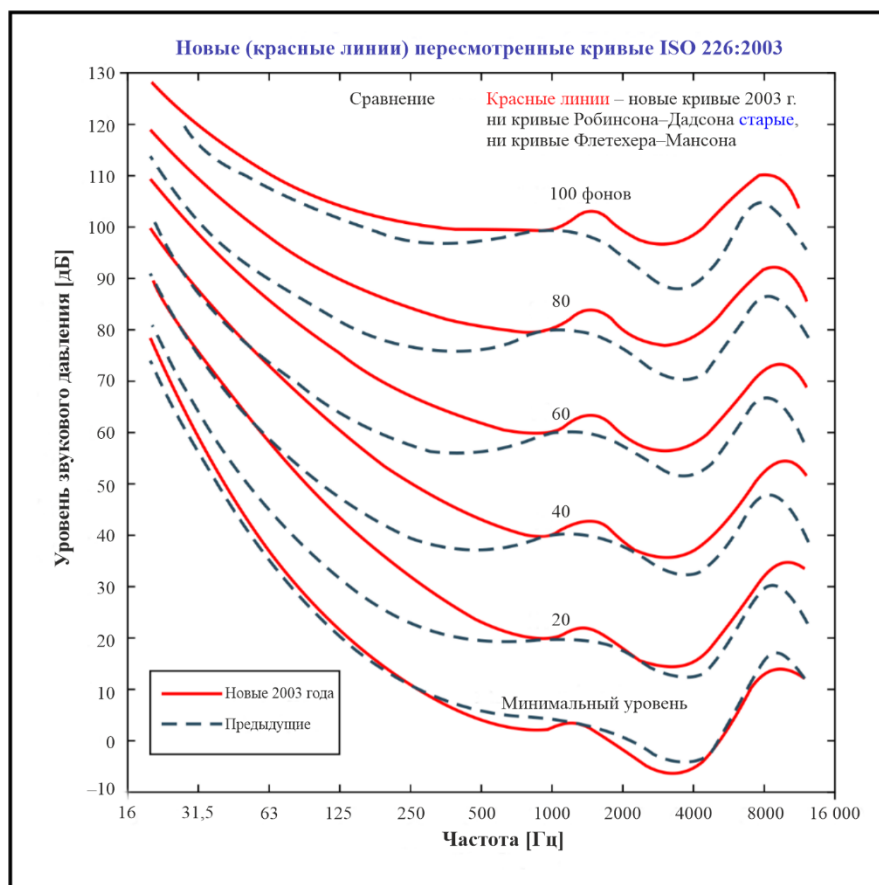
ПРИМЕЧАНИЕ. – dBov – дБ относительно цифровой перегрузки – это уровень цифрового сигнала относительно уровня перегрузки или максимального уровня. См. [ITU-T G.100.1].

VIII.3.2.4 дБ НПС

дБ НПС – это порог слышимости в децибелах на определенной частоте; уровень, используемый для измерения аудиометрического порога слышимости относительно нормального порога слышимости.

Как указано в [ISO 226], чувствительность человеческого уха сильно различается в зависимости от частоты входящего звука. Если увеличить громкость, чтобы получить достаточную громкость в низкочастотном диапазоне, что важно для многих жанров музыки, то ухо может подвергнуться воздействию чрезмерной энергии на более высоких частотах, где оно особенно чувствительно.

На рисунке VIII.8 показаны звукотехнические нормальные контуры уровня равной громкости.



Н.870(22)_FVIII-8

Рисунок VIII.8 – Звукотехнические нормальные контуры уровня равной громкости

VIII.4 Принцип равной энергии

Принцип равной энергии – это идея о том, что общее воздействие звука пропорционально общему количеству звуковой энергии, принятой ухом, независимо от распределения этой энергии во времени.

В соответствии с этим принципом ожидается, что одинаковое количество звуковой энергии вызовет одинаковое количество индуцированного звуком постоянного сдвига порога, независимо от распределения энергии во времени.

На основании этого принципа дозу звуковой энергии можно определить как квадрат А-взвешенного звукового давления P_A , интегрированного за время воздействия $T = t_2 - t_1$.

Математически это выражается формулой:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (P_A(t))^2 dt,$$

где P_A – А-взвешенное звуковое давление с поправкой на диффузное поле.

Единицей этой величины является паскаль в квадрате в час, или $\text{Па}^2\text{ч}$.

Библиография

- [b-ITU-T P.10] Recommendation ITU-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulary for performance, quality of service and quality of experience.*
- [b-ITU-T P.360] Рекомендация МСЭ -Т P.360 (2006 г.), *Эффективность устройств, предупреждающих появление чрезмерного акустического давления в телефонных приемниках, и оценка повседневного шумового воздействия, которому подвергаются пользователи телефонных аппаратов.*
- [b-ITU-T T.180] Recommendation ITU-T T.180 (1998), *Homogeneous access mechanism to communication services.*
- [b-ITU-R V.574] Рекомендация МСЭ-R V.574 (2015 г.), *Использование децибела и непера в электросвязи.*
- [b-Berger] Berger, E.H. and Royster, L.H. (1996), *In search of meaningful measures of hearing protector effectiveness.*
- [b-Berger-Voix] Elliott H. Berger and Jérémie Voix (2018), *Hearing Protection Devices*, in *The Noise Manual*, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-Blanco-Wetherill] A. Blanco and J. Wetherill (April 2019), *Headphones Market Report Worldwide Outlook*, Futuresource Consulting Ltd.
<https://www.futuresource-consulting.com/reports/posts/2019/april/futuresource-headphones-market-report-worldwide-apr-19/>, pg. 11 & 22.
- [b-Borg] Erik Borg, Roland Nilsson, Gunnar Lidén. (1979), *Fatigue and recovery of the human acoustic stapedius reflex in industrial noise*, The Journal of the Acoustical Society of America Vol. 65, 846.
- [b-Brask] Torben Brask (1978), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, Acta Oto-Laryngologica Vol. 86, Issue sup360.
- [b-Brask-2009] Torben Brask (2009), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, Acta Oto-Laryngologica Vol. 86, 1978 – Issue sup360.
- [b-Burns-1973] William Burns (1973), *Noise and Man*, J.B. Lippincott Company, ISBN 9780397580989, pp. 243-247.
- [b-Burns-Robinson] W. Burns and D.W. Robinson, (1970) *Hearing and Noise in Industry*, Her Majesty's Stationery Office, pp. 142-145. This full document can be found here:
<https://archive.org/details/op1268848-1001/page/n153>
- [b-EN 71-1] CEN EN 71-1:2014, *Safety of toys – Part 1: Mechanical and physical properties.*
- [b-2009/490/EC] European Commission, *Commission Decision of 23 June 2009 on the safety requirements to be met by European standards for personal music players pursuant to Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council.*
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0490>
- [b-Fligor] Brian J. Fligor, and Terri Ives. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-Induced Hearing Loss?" in *2006 Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Children's Conference Proceedings.*
- [b-FSTP-SLD-UC] ITU Technical Paper (2022), *Gap analysis: Use cases of safe listening devices.*
<https://www.itu.int/pub/T-TUT-EHT-2022>
- [b-Hammershøi] Hammershøi, D., & Møller, H. (2008), *Determination of noise immission from sound sources close to the ears.* Acustica United with Acta Acustica, 94 (1).

- [b-Hansen] C. Hansen (2006), *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control – chapter 1 Fundamentals of acoustics*.
http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/
- [b-Hartmann] William M. Hartmann. *Physical Description of Signals* in [b-Moore].
- [b-Loy] Gareth Loy, *Musimathics*. MIT (2011).
- [b-Moller 1995] Henrik Möller (1995), *Transfer characteristics of headphones measured on human ears*, J. Audio Eng. Soc:43, pp. 203-217.
- [b-Moller 2013] Aage R. Moller, (2013) *Hearing*, 3rd ed. Plural Publishing.
- [b-Moore] Brian C.J. Moore (ed.) (1995) *Hearing*. Academic Press.
- [b-Neitzel and Fligor] R. Neitzel and B. Fligor (2019), *Risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: Review and recommendations*. The Journal of the Acoustical Society of America 146, 3911.
<https://doi.org/10.1121/1.5132287>
- [b-NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure, revised criteria*. Pub. No. 98-126.
- [b-Nixon-Glorig, 1961] J.C. Nixon and A. Gorig (1961), *Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2000 cps and 4000 cps*, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.33, Issue 7, 904.
<http://dx.doi.org/10.1121/1.1908841>
- [b-Portnuff] Portnuff C.D., Fligor B.J., Arehart K.H. (2011), *Teenage use of portable listening devices: a hazard to hearing?* Journal of the American Academy of Audiology. Nov-Dec; 22(10):663-77.
- [b-Price 1981] Price, G. R. (1981), *Implications of a Critical Level in the Ear for Assessment of Noise Hazard at High Intensities*, J. Acoust. Soc. Am. 69, 171-177.
- [b-SCENIHR] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2008), *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. European Commission.
- [b-SG16-R17] ITU-T Study Group 16, *Report of the fourth meeting of Study Group 16* (Geneva, 19-29 March 2019) – Working Party 2/16 (Multimedia e-services).
<https://www.itu.int/md/T17-SG16-R-0017/en>
- [b-Silman] Shlomo Silman. (1984), *The Acoustic Reflex: Basic Principles and Clinical Applications*, Academic Press.
- [b-Smith-Voix] Jérémie Voix, Pegeen Smith, and Elliott H. Berger (2018), *Field Fit-Testing and Attenuation Measurement Procedures*, The Noise Manual, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-SMR] Kei J. (2012), *Acoustic stapedial reflexes in healthy neonates—normative data and test-retest reliability*. J Am Acad Audiol. 23(1):46-56.
- [b-Vér] I. Vér, L. Beranek (2006), *Noise and Vibration Control Engineering*.
- [b-Voix,Cocq,Hager] J. Voix, C. Le Cocq, and L. D. Hager (2008), *The Healthy Benefits of Isolating Earphones*, in Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 4, p. 050003.
- [b-WHO 2018] World Health Organization, *Deafness and hearing loss*,
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
(visited 2022-06-01)
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson & Erik Borg. (1974), *Stapedius Reflex and Auditory Fatigue*, Journal of Audiology, Vol. 13, pp. 231-35.
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson. (1979), *The effect of the stapedius reflex on attenuation and poststimulatory auditory fatigue at different frequencies*. Acta Otolaryngol Suppl. 360:118-21.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и умные города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи