ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 13091-1— 2008

Вибрация

ПОРОГИ ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИСФУНКЦИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Часть 1

Методы измерений на кончиках пальцев рук

ISO 13091-1:2001
Mechanical vibration — Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve disfunction — Part 1: Methods of measurement at the fingertips
(IDT)

Издание официальное

БЗ 10—2008/35

Москва
Стандартинформ
2009

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 «Вибрация и удар»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 декабря 2008 г. № 414-ст

4 Настоящий стандарт является идентичным международному стандарту ИСО 13091-1:2001 «Вибрация. Пороги вибротактильной чувствительности для оценки дисфункций нервной системы. Часть 1. Методы измерений на кончиках пальцев рук» (ISO 13091-1:2001 «Mechanical vibration — Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve disfunction — Part 1: Methods of measurement at the fingertips».

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2009

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения. 1
4 Методы измерений 3
5 Подготовка субъекта к обследованию 11
6 Проведение обследования 12
7 Представление результатов измерений. 14
Приложение А (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам 16
Библиография 17

Введение

Раннее обнаружение периферических невропатий верхних конечностей, которые часто проявляются нарушениями тактильной чувствительности вследствие изменения активности механорецепторов, имеет большое значение, в том числе для профилактики профессиональных заболеваний работников ручного труда. Подобные невропатии могут быть результатом заболеваний либо возникнуть вследствие несоответствующих условий работы, при которых работник подвергается воздействию нейротоксичных факторов или вибрации.

Известно, что тактильная чувствительность на кончиках пальцев рук обусловлена сочетанием нервной активности до четырех популяций специализированных нервных окончаний (механорецепторов).

Механорецепторы принято классифицировать по особенностям их восприятия параметров прогиба участка поверхности кожи (например, SAI: медленноадаптирующиеся механорецепторы типа I; SAII: медленноадаптирующиеся механорецепторы типа II; FAI: быстроадаптирующиеся механорецепторы типа I; FAII: быстроадаптирующиеся механорецепторы типа II). Активность SAI проявляется, преимущественно, в восприятии пространственных свойств поверхности (ребристость и текстура). Такие рецепторы реагируют на давление. Активность FAI и FAII проявляется в виде информации о движении предмета по поверхности кожи или, наоборот, кончиков пальцев по поверхности предмета. Эта информация позволяет определять чистоту обработки или гладкость поверхности, а также удерживать предметы в руке благодаря контролю их микроперемещений. Если SAII реагируют, в первую очередь, на растяжение поверхности кожи, то отклики от других трех популяций механорецепторов: SAI, FAI и FAII, — могут быть разделены и измерены в точно определенных условиях измерений и воздействия вибротактильного стимула на разных частотах. При расстройстве чувствительности определение порогов каждой популяции механорецепторов может оказаться невозможным.

При правильном выборе условий измерений можно разделить ответы от медленноадаптирующихся механорецепторов типа SAI и ответы от быстроадаптирующихся механорецепторов типов FAI и FAII, используя для этого разные частоты вибротактильного воздействия.

Стандартизация методов измерений порогов вибротактильной чувствительности необходима для того, чтобы придать содержательность получаемым результатам измерений, получаемых на разной аппаратуре, и дать возможность их сопоставления, поскольку в отсутствие стандартизованного метода получаемые значения порогов могут существенно расходиться между собой, зачастую непредсказуемым образом. Требования к методу и средствам измерений определяются свойствами популяций механорецепторов, чьи отклики предполагается оценивать. Целью настоящего стандарта является установление оптимальных методов измерений.

На основе настоящего стандарта могут быть получены сопоставимые результаты измерений порогов вибротактильной чувствительности на кончиках пальцев рук. Методы, установленные настоящим стандартом, применимы как к здоровым субъектам, так и к лицам, страдающим заболеваниями, и могут быть использованы как в клинической практике, так и для скрининговых медицинских осмотров. Для некоторых параметров процедуры измерений даны рекомендуемые значения из широкого диапазона, используемого в настоящее время на практике. Рекомендуемые значения следует рассматривать как предпочтительные. Методами, установленными настоящим стандартом, порог вибротактильной чувствительности на какой-либо одной частоте может быть определен примерно за 1 мин при условии, что испытуемый ознакомлен с порядком проведения обследования (обучение может занять еще примерно 5 мин). Полученная при этом информация может рассматриваться как достаточная для большинства медицинских обследований. Методы анализа и интерпретации информации, полученной в результате измерений в соответствии с настоящим стандартом, рассмотрены в ИСО 13091-2.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вибрация

ПОРОГИ ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИСФУНКЦИЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Часть 1

Методы измерений на кончиках пальцев рук

Vibration. Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve disfunction.
Part 1. Methods of measurements at the fingertips

Дата введения — 2009–09–01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений порогов вибротактильной чувствительности на кончиках пальцев рук и способы анализа и представления результатов этих измерений.

Пороговые значения получают отдельно для каждой конкретной популяции механорецепторов: SAI, FAI и FAII. Методы измерений применимы как к здоровым субъектам, так и к лицам, страдающим заболеваниями, и могут быть использованы как в клинической практике, так и при скрининговых медицинских обследованиях.

Настоящий стандарт не распространяется на измерения кратковременных смещений порогов вибротактильной чувствительности, а также на измерения пороговых значений на других участках тела человека.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:
ИСО 2041:1990 Вибрация и удар. Термины и определения
ИСО 5805:1997 Вибрация и удар. Воздействие на человека. Термины и определения
МЭК 60601-1:2005 Электрооборудование медицинское. Общие требования безопасности

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 2041, ИСО 5805 и ИСО 13091-1, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1.1 **чистый тон** (pure tone): Сигнал, представляющий собой синусоидальную функцию от времени.

3.1.2 **тональная посылка** (tone burst — intermittent pure-tone signal): Сигнал, сформированный из следующих друг за другом с некоторыми промежутками синусоидальных сигналов определенной частоты.

3.1.3 **скользящий тон** (gliding tone): Тон изменяющейся частоты.

3.1.4 **эквивалентная частота** (equivalent frequency): Частота, выбранная в качестве репрезентативной частоты измерений в том случае, когда в процессе измерений порога вибротактильной чувствительности частота изменяется во времени.

3.1.5 **коэффициент гармонических искажений** (total harmonic distortion): Выраженное в процентах отношение квадратного корня из суммы квадратов амплитуд гармонических составляющих сигнала в заданной полосе частот к амплитуде основной гармоники.

3.1.6 **маскировка** (masking): Повышение порога чувствительности к одному стимулу в присутствии других маскирующих стимулов на той же самой или иной частоте.

Издание официальное

3.1.7 **прямая маскировка** (forward masking): Ухудшение распознавания стимула при предварительном воздействии другого, постороннего стимула на той же самой или иной частоте.

3.1.8 **механорецептор** (mechanoreceptor): Чувствительное нервное окончание, преобразующее механическое воздействие на кожу (деформацию) в нервные импульсы.

3.1.9 **порог вибротактильной чувствительности специфических рецепторов** (receptor-specific vibrotactile perception threshold): Порог вибротактильной чувствительности при восприятии стимулов одной популяцией механорецепторов в точке приложения стимула.

3.1.10 **нейтральное положение** (neutral position): Положение, естественным образом принимаемое свободно свешивающимися кистью руки и предплечьем, когда они полностью выпрямлены.

Примечание — В этом положении запястье не изогнуто и не испытывает растяжения.

3.1.11 **стимулятор** (stimulator): Генератор стимулов, вызывающих статичный прогиб участка кожи и (или) его колебательное движение (непрерывное или прерывистое).

3.1.12 **толкатель** (probe): Устройство для передачи внешних двигательных (колебательных) стимулов на поверхность кожи.

3.1.13 **подставка** (surround): Неподвижная твердая и ровная поверхность, на которой расположены кончики пальцев субъекта, с отверстиями, через которое кончик пальца контактирует с толкателем.

3.1.14 **усилие контакта** (contact force): Сила (статическая или динамическая), с которой толкатель надавливает на кожу.

3.1.15 **прогиб участка кожи** (indentation of skin): Расстояние от точки начального контакта вибратора с поверхностью кожи (где усилие контакта равно нулю) до его положения, при котором определяют порог чувствительности.

3.16 **отвлекающий шум** (aural cue): Звук, возникающий при работе стимулятора.

3.17 **физиологический шум** (physiological noise): Движения человеческого тела, связанные с естественными физиологическими функциями (ток крови, биение сердца, тремор мышц, дыхание).

3.1.18 **фоновая вибрация** (background vibration): Вибрация кончиков пальцев субъекта, когда он готов к началу измерений и его палец соприкасается с вибратором, но стимул на вибратор не подается.

Примечание — Фоновая вибрация может быть вызвана вибрацией помещения, измерительной аппаратуры, а также физиологическим «шумом».

3.1.19 **психометрическая кривая** (psychometric function): Функция, выражающая зависимость доли (или процента) положительных ответов субъектов на предъявленные стимулы от физических параметров стимула.

3.1.20 **алгоритм психофизических измерений** (psychophysical algorithm): Способ измерений, в процессе которых субъекту предъявляют физический стимул для выявления одного или нескольких сенсорных ответов, таких как восприятие присутствия стимула или характера внешнего воздействия (движения кожи).

3.1.21 **порог** (threshold): Начало ощущения стимула или потеря ощущения стимула тестируемым субъектом.

3.1.22 **порог для нарастающей интенсивности стимула** (ascending threshold): Значение порога, полученное в результате предъявления стимула, чья интенсивность нарастает до тех пор, пока его воздействие не будет обнаружено тестируемым субъектом.

3.1.23 **порог для спадающей интенсивности стимула** (descending threshold): Значение порога, полученное в результате предъявления стимула, чья интенсивность снижается до тех пор, пока его воздействие не перестает ощущаться тестируемым субъектом.

3.1.24 **порог вибротактильной чувствительности** (vibrotactile perception threshold): Уровень ускорения поверхности кожи, при котором наблюдается 50 % положительных ответов на психометрической кривой, соответствующих обнаружению субъектом предъявленных стимулов чистого тона.

3.1.25 **смещение порога** (threshold shift): Стойкое (не преходящее) изменение порога вибротактильной чувствительности по сравнению с изначально установленным базовым значением.

Примечание — В качестве базового может быть взято, например, значение порога вибротактильной чувствительности, полученное в предшествующих измерениях для того же субъекта, или среднее значение порога для здоровых субъектов примерно одного возраста без признаков заболеваний периферической нервной системы и не подвергающихся регулярным воздействиям нейротоксических факторов или локальной вибрации. Данный вопрос рассмотрен в ИСО 13091-2.

3.1.26 **временное смещение порога** (temporary threshold shift): Временное повышение порога (т. е. потеря чувствительности), проходящее со временем.

3.1.27 **метод границ** (up-down algorithm): Алгоритм психофизических измерений, позволяющий определить два порога чувствительности (для воздействий нарастающей и спадающей интенсивности) посредством предъявления субъекту последовательности кратковременных стимулов меняющейся интенсивности.

Примечание — Обычно этот метод состоит в приложении последовательности стимулов постепенно нарастающей интенсивности до тех пор, пока субъект не подаст знак о начале ощущения воздействия (порог нарастающей интенсивности воздействия). После этого интенсивность стимулов уменьшают до тех пор, пока субъект не подаст знак о том, что воздействие им более не ощущается (порог спадающей интенсивности воздействия). Разновидностью метода границ является лестничная схема измерений, когда изменение интенсивности воздействия осуществляют дискретно с равными промежутками.

3.1.28 **метод фон Бекеши** (von Békésy algorithm): Алгоритм психофизических измерений, позволяющий определить два порога чувствительности (для воздействий нарастающей и спадающей интенсивности) посредством предъявления субъекту непрерывного стимула изменяющейся интенсивности, которая часто сопровождается изменением частоты (скользящий тон).

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

FAI — быстроадаптирующиеся механорецепторы типа I;

FAII — быстроадаптирующиеся механорецепторы типа II;

SAI — медленноадаптирующиеся механорецепторы типа I;

VPT — порог вибротактильной чувствительности;

$t_a(r)$ — последовательность уровней порога при нарастающей интенсивности стимула;

$t_d(r)$ — последовательность уровней порога при спадающей интенсивности стимула;

r — натуральное число, $r = 1, 2, 3, \ldots, n$;

n — число пар порогов для нарастающей и спадающей интенсивности воздействия, т. е. $t_a(1)$ и $t_d(1)$, $t_a(2)$ и $t_d(2)$, ..., $t_a(n)$ и $t_d(n)$.

4 Методы измерений

4.1 Общие положения

Требования к методам измерений зависят от того, для какой популяции механорецепторов их проводят, и кратко обобщены в таблице 1.

Таблица 1 — Требования к методам измерений

Характеристики	Типы механорецепторов		
	SAI	FAI	FAII
Основная частота[a], Гц	4,0	31,5	125
Дополнительные частоты, Гц	3,15; 5,0	20; 25	100; 160
Длительность тональной посылки (для прерывистого сигнала), с	Менее 10	Менее 10	От 0,6 до 10
Длительность импульса[b] (для прерывистого сигнала), с	Более 0,6		
Длительность непрерывного сигнала (максимальная), с	50		
Интервал покоя для непрерывного сигнала (минимальный), с	30		
Опора (см. 4.3)	Для предплечья, кисти и пальца; спинка сиденья		
Температура пальцев (см. 4.4), °С	От 27 до 35		
Температура в помещении (см. 4.4), °С	От 20 до 30		

Окончание таблицы 1

Характеристики	Типы механорецепторов		
	SAI	FAI	FAII
Толкатель (см. 4.5)	Плоский, гладкий цилиндр диаметром 4,0 ± 2,1 мм с закругленными краями основания (радиус закругления от 0,2 до 0,7 мм)		
Прогиб участка кожи (способ А, см. 4.6), мм	1,5 ± 0,8		
Прогиб участка кожи (способ В, см. 4.6), мм	1,5 ± 0,8		
Зазор между толкателем и подставкой (способ В, см. 4.6), мм	1,5 ± 0,6		
Сила нажатия на подставку (способ В, см. 4.6), Н	От 0,7 до 2,3		
Алгоритм психофизических измерений (см. 4.7)	Метод границ или метод фон Бекеши		
Реакция субъекта (см. 4.8)	Автоматизированное однозначное обнаружение реакции и несоответствующей реакции		
Параметр движения (см. 4.9)	Среднеквадратичное ускорение толкателя и фоновой вибрации		
Проверка аппаратуры (см. 4.10)	До проведения обследования		

[a] Измерения проводят, по крайней мере, на одной основной частоте.
[b] Импульс должен содержать не менее половины синусоиды.

4.2 Стимулы

4.2.1 Стимулятор

Стимулятор должен обеспечивать воспроизведение колебательных движений для определения порогов вибротактильной чувствительности на кончиках пальцев рук.

4.2.2 Форма стимульного сигнала

Амплитуда перемещения стимульного сигнала не должна превышать 1,0 мм. Если применяют стимул в виде чистого тона, то коэффициент гармонических искажений на должен превышать значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2 — Максимальный коэффициент гармонических искажений стимула

Частота стимульного сигнала, Гц	Коэффициент гармонических искажений сигнала ускорения[a], %
От 3,15 до 31,5	30[b]
От 100 до 160	10[c]

[a] Пороги вибротактильной чувствительности специфических рецепторов повышаются с ростом частоты, поэтому восприятие стимула чувствительно к гармоникам основного тона.
[b] Учитываются гармоники до частоты 160 Гц.
[c] Учитываются первые три гармоники сигнала.

Если применяют стимул в форме последовательности импульсов (прерывистого сигнала), то форма огибающей стимульного сигнала должна быть такой, чтобы реакция субъекта на стимул определялась его интенсивностью, а не формой сигнала.

Примечание — Стимулятор на всех частотах воздействия, установленных настоящей частью ИСО 13091, воспроизводит сигнал со среднеквадратичным значением ускорения до 150 дБ (относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2) при соблюдении требования к максимальному значению смещения не более 1,0 мм.

4.2.3 Частота стимульного сигнала

Стимул должен быть предъявлен, по крайней мере, на одной частоте (эквивалентной частоте). Если требуется установить активность отдельно для каждой популяции механорецепторов (SAI, FAI и FAII), отвечающих за тактильную чувствительность, то стимул предъявляют, по крайней мере, на трех частотах (эквивалентных частотах). Предпочтительными значениями частот (эквивалентных частот) являются: 4,0 Гц (SAI), 31,5 Гц (FAI) и 125 Гц (FAII). При использовании большего числа частот возбуждения их выбирают из рядов: 3,15 Гц, 4,0 Гц и 5,0 Гц (SAI); 20 Гц, 25 Гц и 31,5 Гц (FAI); 100 Гц, 125 Гц и 160 Гц (FAII). Соответствие частот предъявления стимула с популяциями механорецепторов при определении порогов вибротактильной чувствительности согласно настоящей части ИСО 13091 показано в таблице 3.

Примечание 1 — При использовании стимулятора, соответствующего требованиям настоящей части ИСО 13091, допускается определять пороги вибротактильной чувствительности для SAI на частотах 6,3 Гц и ниже, для FAI — на частотах в интервале от 16 до 32 Гц и для FAII — на частотах 100 Гц и выше.

Примечание 2 — В некоторых случаях может быть использована упрощенная процедура с применением измерительных систем с ограниченными возможностями, например, способных измерять сигнал не на трех частотах, как указано выше, а только на одной из них. В клинической практике и исследованиях, наоборот, может потребоваться большее разнообразие стимулов, которые также следует выбирать в соответствии с требованиями настоящей части ИСО 13091.

Таблица 3 — Частоты измерений

Тип механорецепторов	Диапазон частот восприятия, Гц	Рекомендуемые частоты[a], Гц	
		основная	дополнительные
SAI	Менее 6,3	4,0	3,15; 5,0
FAI	От 16 до 32	31,5	20; 25
FAII	Более 100	125	100; 160

[a] Допуск на частоту — ±10 %.

4.2.4 Стимул в виде прерывистого сигнала

Прерывистый сигнал содержит участки покоя и поэтому является предпочтительным для всех измерений. Применение сигнала данной формы уменьшает риск предъявления сверхпорогового стимула, провоцирующего временное смещение порога и, как следствие, приводящего к ошибкам в измерении порога вибротактильной чувствительности. Участки покоя служат также для того, чтобы выявить фоновую вибрацию и принять меры к повышению точности определения порога в случаях, когда фоновая вибрация значительна.

При выборе формы огибающей стимула следует учитывать, что обнаружение субъектом стимула должно зависеть только от восприятия им колебательного движения, а не от формы огибающей. Переходные процессы, связанные с нарастанием и спаданием стимульного сигнала, не должны ощущаться субъектом.

Для соблюдения данного требования можно использовать систему управления стимульным сигналом или наложить аппаратные ограничения на скорость роста и спада интенсивности каждого импульса, входящего в стимульный сигнал.

Примечание — Опыт показывает, что изменение времени подъема и спада тональной посылки не оказывает значительного влияния на результаты измерений порогов вибротактильной чувствительности.

Длительность тональной посылки, измеренной на уровне половинной мощности, не должна превышать 10 с, чтобы избежать появления временного смещения порога. Участок покоя должен составлять не менее половины длительности тональной посылки и в любом случае не может быть менее 0,6 с, чтобы снять эффект возможного временного смещения порога и не допустить прямой маскировки стимула.

При измерении активности FAII длительность тональных посылок не должна быть менее 0,6 с.

4.2.5 Стимул в виде непрерывного сигнала

Для определения порогов вибротактильной чувствительности можно применять стимул в виде непрерывного гармонического сигнала переменной амплитуды и, иногда, переменной частоты (метод фон Бекеши).

Чтобы уменьшить эффект прямой маскировки, скорость изменения интенсивности (среднеквадратичного значения ускорения) стимула в виде чистого тона при определении порога вибротактильной чувствительности не должна превышать 3 дБ в секунду. При первом определении порогов вибротактильной чувствительности для нарастающей и спадающей интенсивности стимула [t_a (1) и t_d (1) и соответственно], которые впоследствии при определении порогов вибротактильной чувствительности не используют, допускается изменение интенсивности со скоростью до 5 дБ в секунду.

Если частота предъявляемого стимула изменяется со временем (скользящий тон), то скорость изменения частоты при определении порога вибротактильной чувствительности не должна превышать одной двенадцатой октавы в секунду. Сигнал в виде скользящего тона должен содержать частоты в диапазоне от 3,15 до 160 Гц.

Примечание — Превышение установленных выше предельных значений для изменений интенсивности и (или) частоты стимульного сигнала со временем может увеличить погрешность оценки пороговых значений.

При измерениях с использованием непрерывного чистого тона длительность сигнала не должна превышать 50 с, чтобы избежать эффекта временного смещения порога. Если после этого предполагается вновь возбуждать непрерывным стимулом ту же самую популяцию механорецепторов в той же самой точке, интервал покоя между предъявлениями стимулов не должен быть менее 30 с.

4.2.6 Нежелательная вибрация

Субъект не должен подвергаться воздействию внешней вибрации или вибрации от аппаратуры, которая могла бы маскировать предъявленный стимул.

Примечание — Маскировка стимула обусловлена перемещением толкателя относительно кончика пальца субъекта, не связанным с предъявляемым стимулом (например, вследствие вибрации пола, аппаратуры, непроизвольных движений тела из-за так называемого физиологического шума).

Перед началом каждой серии измерений необходимо определять остаточную фоновую вибрацию на кончике пальца с помощью той же аппаратуры, что используют при измерении порога вибротактильной чувствительности (см. 6.5).

4.2.7 Нежелательный акустический шум

Субъект не должен подвергаться воздействию отвлекающего шума (от внешних источников или аппаратуры), который мог бы каким-либо образом влиять на восприятие предъявленного стимула. Уровень звукового давления, корректированного по характеристике *А* шумомера с временем усреднения 60 с [согласно определению МЭК 60050 (801)], от внешних источников или аппаратуры, воздействующего на субъекта, не должен превышать 50 дБ*А*.

Чтобы удовлетворить данному требованию при проведении обследования, субъект может быть в наушниках или использовать устройство для активного подавления шума в ушной раковине.

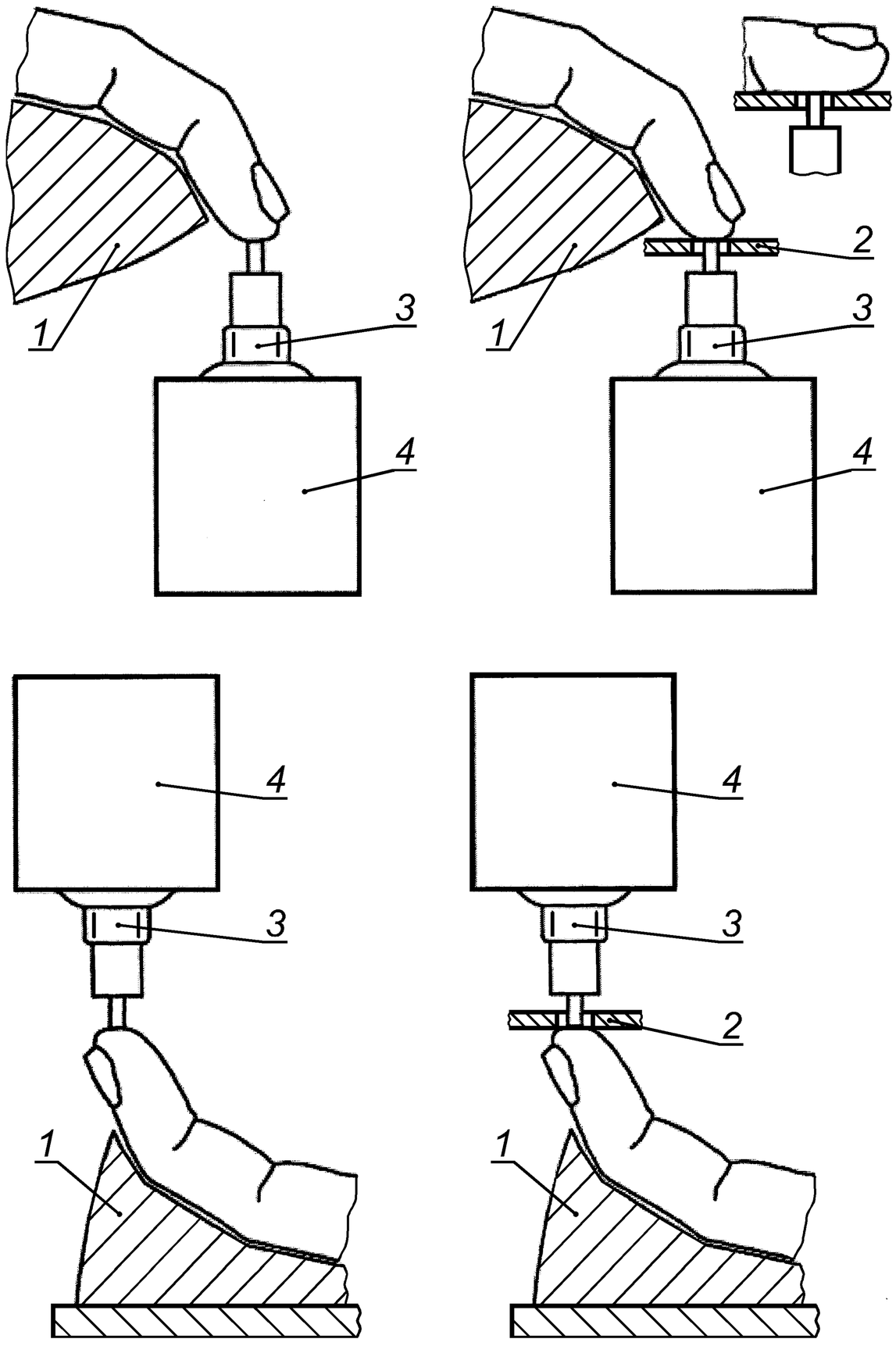
Уровень звукового давления, корректированного по характеристике *А* шумомера с временем усреднения 60 с, создаваемого устройством активного подавления шума, также не должен превышать 50 дБ*А*.

4.3 Положение субъекта во время проведения измерений

Во время обследования предплечье во всю свою длину, кисть руки и палец, на который воздействуют толкателем, должны покоиться на опоре. Возможные положения пальца на опоре показаны на рисунке 1. Положение кисти должно быть максимально близким к нейтральному.

Примечание — Чем удобнее опора и естественнее положение руки, тем меньше влияние физиологического шума на кончиках пальцев. Чтобы обеспечить комфорт субъекту и тем самым облегчить определение порогов вибротактильной чувствительности, сиденье может быть оборудовано спинкой.

На точность и повторяемость результатов измерений порогов вибротактильной чувствительности влияют степень концентрации и мотивированности субъекта. Любые отвлекающие факторы, в том числе вызывающие дискомфорт субъекта, должны быть исключены.



a) Способ A b) Способ B

1 — опора пальца; *2* — подставка; *3* — датчик; *4* — стимулятор

Рисунок 1 — Способы опирания пальца, на который воздействует толкатель

4.4 Состояние кожного покрова

4.4.1 Температура в помещении и на поверхности кожи

Все измерения проводят при температуре окружающего воздуха от 20 °С до 30 °С. Температура участка кожи, где проводят измерения, должна быть в диапазоне от 27 °С до 35 °С. Требования к измерениям температуры на поверхности кожи в местах определения порогов вибротактильной чувствительности установлены в 6.6.

Примечание — Изменения температуры кожи в диапазоне от 27 °С до 35 °С незначительно влияют на результаты измерений порогов вибротактильной чувствительности для любой SAI и FAI, а также для FAII при условии, что частота стимульного сигнала не превосходит 200 Гц.

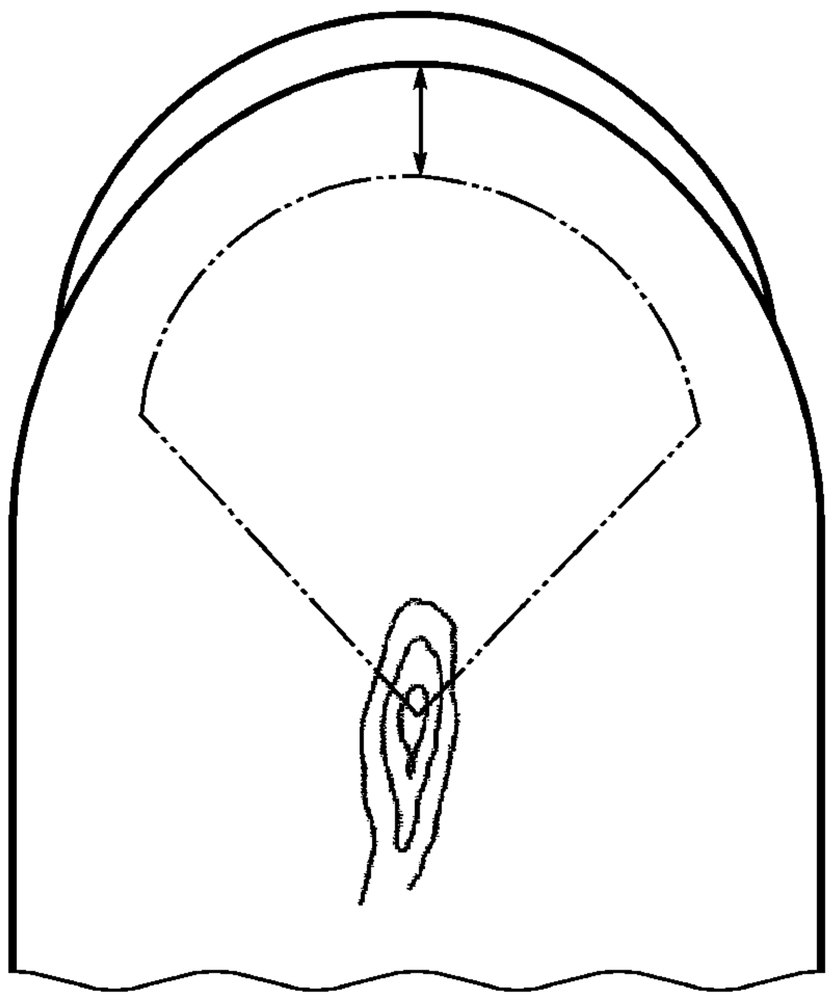
4.4.2 Участки воздействия на кончиках пальцев рук

При предъявлении стимула толкатель не должен контактировать с утолщенными участками кожи. Обычно для выполнения этого требования центральная ось толкателя должна быть направлена на гладкий участок кожи концевой фаланги пальца в область центра завитка пальцевого узора (см. 4.5.1). Недопустимо проводить измерения в области мозоли, либо на поврежденных участках кожи (т.е. имеющим явно видимые рубцы, ожоги или раны).

4.5 Толкатель

4.5.1 Положение толкателя

Центр оконечника толкателя должен располагаться на гладком участке кожи концевой фаланги пальца в пределах сегмента окружности с центром в центре (посередине) завитка пальцевого узора и дугой, соединяющей уголки ногтя. Никакая часть оконечника толкателя при его контакте с кожей пальца не должна находиться на расстоянии от ногтя ближе, чем 2,0 мм. Область допустимых положений оконечника толкателя показана на рисунке 2.



Примечание — Штрихпунктирная линия, включающая дугу окружности с центром в центре завитка пальцевого узора и два радиуса, показывает область возможного расположения центра оконечника толкателя. Стрелкой показано расстояние дуги от ногтя (2,0 мм).

Рисунок 2 — Область приложения воздействия оконечником толкателя

4.5.2 Форма оконечника толкателя

От соблюдения требований к форме оконечника толкателя зависит точность и повторяемость результатов измерений порогов вибротактильной чувствительности.

Оконечник толкателя должен представлять собой цилиндр с гладкой поверхностью основания диаметром (4,0 ± 2,1) мм. Основание цилиндра, контактирующее с участком кожи, должно располагаться параллельно к нему, чтобы возбуждение было направлено перпендикулярно к данному участку.

4.5.3 Поверхность толкателя

Поверхность оконечника толкателя, контактирующая с кожей пальцев рук субъекта, должна быть гладкой на ощупь. Края оконечника должны быть закруглены с радиусом закругления от 0,2 до 0,7 мм.

Примечание — Гладкая на ощупь поверхность может быть получена в результате ее доводки таким образом, чтобы шероховатость поверхности R_a (см. ИСО 4287) была не более 1,6 мкм.

Обработке должны быть подвергнуты поверхности как оконечника толкателя, так и подставки, если ее используют в данном методе измерений.

Все материалы толкателя, контактирующие с поверхностью кожи пальцев рук субъекта, должны обладать низкой электро- и теплопроводностью.

4.6 Условия контакта толкателя с поверхностью кожи пальцев рук

4.6.1 Общие положения

Стимул должен восприниматься в месте контакта толкателя с поверхностью кожи пальца руки. При этом как сам палец, так и кисть руки должны сохранять неподвижность.

Примечание — Движение пальца или кисти, связанное с предъявленным стимулом, практически исключено, если палец и кисть покоятся на опоре, соблюдены требования к положению толкателя и амплитуда перемещения толкателя не превышает 1,0 мм.

4.6.2 Усилие контакта и прогиб кожи в области контакта

Статическая составляющая силы, с которой толкатель и подставка (при ее наличии) действуют на участок кожи в области контакта, не должна быть слишком большой, чтобы не вызвать нарушения кровообращения, болевые ощущения, чувство дискомфорта или подвергать опасности целостность кожного покрова. В течение всего измерения порогов вибротактильной чувствительности усилие контакта и прогиб кожи в области контакта должны находиться под контролем.

Постоянная составляющая прогиба участка кожи пальца руки субъекта в области контакта во время измерений должна составлять (1,5 ± 0,8) мм.

Примечание — Контроль прогиба участка кожи, вызываемый толкателем или, если это удобнее, статической составляющей усилия контакта позволяет повысить точность и улучшить повторяемость результатов измерений порогов, а также уменьшить разброс результатов измерений для разных субъектов.

Активные мышечные сокращения могут усилить тремор кисти и пальцев руки, приводя к погрешности измерений порогов вибротактильной чувствительности. Поэтому измерения нужно проводить на пальце, находящемся в состоянии расслабления. Согласно настоящей части ИСО 13091 палец во время измерений должен покоиться на опоре.

В соответствии с настоящей частью ИСО 13091 допускается проведение измерений как без подставки для пальца руки (способ А), так и с подставкой (способ В).

4.6.3 Способ А (без подставки)

Для поддержания требуемого значения постоянной составляющей усилия контакта толкателя с поверхностью кожи может использоваться противовес, компенсирующий вес стимулятора. Другой способ — измерение статического прогиба кожи, создаваемого толкателем. Требуемые значения силы (прогиба) должны обеспечиваться без активных мышечных усилий.

В соответствии с настоящей частью ИСО 13091 постоянный прогиб кожи должен поддерживаться в диапазоне (1,5 ± 0,8) мм, что соответствует постоянной составляющей усилия контакта (0,15 ± ± 0,09) Н.

Примечание — Толкатель с оконечником диаметром 4,0 мм, воздействуя на участок кожи силой 0,15 Н, вызывает ее прогиб, в среднем, 1,5 мм. При увеличении диаметра оконечника толкателя для создания того же прогиба 1,5 мм может потребоваться большее значение силы, и, наоборот, при уменьшении диаметра оконечника требуемое значение силы также уменьшается.

4.6.4 Способ В (с подставкой)

Должен быть установлен метод контроля постоянного прогиба кожи или постоянного усилия контакта толкателя с пальцем субъекта с учетом того, что в процессе измерений палец покоится на подставке с отверстием, центр которого лежит на центральной оси толкателя. Зазор между толкателем и краем отверстия подставки должен составлять (1,5 ± 0,6) мм. Требуемые значения силы (прогиба) должны обеспечиваться без активных мышечных усилий.

Примечание 1 — При максимально допустимых диаметре оконечника толкателя — 6,1 мм и зазоре между толкателем и краем отверстия — 2,1 мм общий диаметр отверстия в подставке составит 10,2 мм, что в некоторых случаях может превышать толщину пальца. В таких случаях метод измерений В не применяют.

Примечание 2 — На пороговые значения для FAI и FAII влияет величина зазора между толкателем и краем отверстия в подставке.

В соответствии с настоящей частью ИСО 13091 постоянный прогиб кожи должен поддерживаться в диапазоне (1,5 ± 0,8) мм, что соответствует постоянной составляющей усилия контакта (0,5 ± 0,3) Н.

Сила, с которой подставка давит на палец, должна быть $1{,}0^{+1{,}3}_{-0{,}3}$ Н, т. е. ее минимальное и максимальное значения составляют 0,7 Н и 2,3 Н соответственно.

Примечание 3 — Толкатель с оконечником диаметром 4,0 мм, воздействуя на участок кожи силой 0,5 Н, совместно с подставкой диаметром 7,0 мм, воздействующей на участок кожи силой 1,0 Н, вызывают ее прогиб, в среднем, 1,5 мм. Если сила, создаваемая толкателем в области контакта, остается неизменной, то повышение усилия контакта подставки с пальцем сопровождается уменьшением прогиба кожи. Если неизменным остается усилие контакта подставки с пальцем, то при увеличении диаметра оконечника для создания того же прогиба 1,5 мм может потребоваться большее значение силы нажатия толкателя и, наоборот, при уменьшении диаметра оконечника требуемое значение силы нажатия толкателя также уменьшается.

Примечание 4 — Активные мускульные усилия для поддержания требуемого значения силы нажатия пальца на подставку могут усилить тремор кисти и пальцев руки, приводя к погрешности измерений порогов вибротактильной чувствительности.

4.7 Алгоритм психофизических измерений

Измерения порогов вибротактильной чувствительности могут быть проведены либо методом границ, либо методом фон Бекеши. При любой форме предъявляемого сигнала (прерывистой или непрерывной) максимальная скорость изменения амплитуды сигнала во время измерений должна составлять 3 дБ в секунду.

Примечание 1 — Время измерений можно сократить, если скорость изменений параметров стимульного сигнала соотносить с особенностями реакции на него испытуемого.

Примечание 2 — При проведении заключительных измерений вблизи порога вибротактильной чувствительности желательно еще более уменьшить скорость изменения амплитуды.

Примечание 3 — Опыт показывает, что результат измерений порогов вибротактильной чувствительности будет ниже, если при первом предъявлении стимула субъект его не ощущает (т. е. интенсивность стимула ниже порога чувствительности).

4.8 Реакция субъекта

4.8.1 Регистрация реакции субъекта

Должен быть установлен способ, позволяющий однозначно определить реакцию субъекта на предъявленный стимул. Для этого может быть использована автоматизированная система регистрации реакции субъекта, например ручной выключатель с цепью контроля состояния выключателя

4.8.2 Выявление несоответствующих (ошибочных) реакций

Должен быть установлен способ выявления несоответствующих (ошибочных) реакций субъекта. Характер таких реакций может быть определен в результате изучения разброса результатов измерений порогов при нарастающей и спадающей интенсивности стимула, полученных методом границ или методом фон Бекеши (см. 6.3).

Примечание 1 — Несоответствующая (ошибочная) реакция может быть вызвана изменением критерия оценки, усталостью, чувством дискомфорта, влиянием системы кровообращения, усилившимся физиологическим шумом, утратой концентрации или мотивации. Такая реакция может иметь место, даже если приняты все меры предосторожности согласно настоящей части ИСО 13091. Процедура контроля несоответствующих (ошибочных) реакций должна учитывать возможные изменения состояния субъекта, обеспечивать их выявление и осуществление корректирующих действий.

Примечание 2 — Несоответствующие (ошибочные) реакции, приводящие к ложным значениям порогов вибротактильной чувствительности, могут быть выявлены сопоставлением результатов измерений порогов вибротактильной чувствительности специфических рецепторов, если оказывается, что для рецепторов одного типа получены два и более значений порогов (см. ИСО 13091-2).

4.9 Измерения параметров движения участка кожи

Для измерений среднеквадратичного значения параметра движения участка кожи, обусловленного воздействием предъявленного стимула и фоновой вибрации, используют датчик с устройством согласования сигнала. Датчик должен быть расположен таким образом, чтобы измерять движение толкателя, контактирующего с кожей. Если метод измерений предусматривает применение стимульного сигнала в виде скользящего тона, система измерений должна включать устройство для измерения частоты сигнала.

Устройство формирования среднеквадратичного значения может быть аналоговым или цифровым и должно выполнять усреднение по времени, по крайней мере, на одном, а предпочтительно, на нескольких периодах сигнала, значение которых может достигать 0,3 с. Записи (для последующего расчета порогов) подлежит то значение (в пределах 1 дБ), при котором наблюдается реакция субъекта.

Информация о вибрации, производимой стимулятором, должна быть доступна врачу, проводящему обследование (см. раздел 6).

Примечание — Практика показывает, что для определений порогов вибротактильной чувствительности на всех частотах согласно настоящей части ИСО 13091 необходимо проводить измерения в динамическом диапазоне 90 дБ (уровень ускорения относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2 может изменяться от 60 до 150 дБ) в полосе частот от 2,5 до 200 Гц.

4.10 Проверка функционирования измерительной системы

Перед проведением измерений вибротактильной чувствительности необходимо проверить правильность функционирования средств измерений. Проверке подвергают как механический, так и электрический тракты измерительной системы. Проверку электрического тракта можно осуществить,

подавая на вход стимулятора задающий сигнал известной амплитуды и частоты и измеряя вибрацию толкателя в отсутствие субъекта. Проверку функционирования измерительной системы необходимо осуществлять, по крайней мере, один раз в день, если в этот день проводят измерения вибротактильной чувствительности. Результаты проверки должны быть занесены в протокол измерений.

Поверку и, при необходимости, калибровку всей измерительной цепи в целом, включая программную часть, необходимо проводить, по крайней мере, раз в год.

4.11 Безопасность субъекта во время обследования

Используемая в процессе обследования аппаратура должна удовлетворять требованиям по электрической безопасности согласно МЭК 60601-1.

Не допускается контакт субъекта с элементами аппаратуры, которые могут представлять для него биологическую или иную опасность.

5 Подготовка субъекта к обследованию

5.1 Общие положения

Подготовку субъекта к обследованию и его инструктирование должен осуществлять квалифицированный врач, прошедший соответствующее обучение, продемонстрировавший свое знакомство с практикой проведения измерений вибротактильной чувствительности и компетентность в выполнении необходимых измерений. На национальном уровне могут быть установлены требования о необходимости прохождения врачом дополнительного обучения и получения впоследствии соответствующего сертификата.

5.2 Действия субъекта перед обследованием

5.2.1 Перед обследованием субъект должен соблюдать следующие требования:

a) не подвергаться воздействию локальной вибрации, не выполнять многократно повторяющихся ручных операций, не употреблять напитки, содержащие алкоголь, в течение, по крайней мере, трех часов до начала обследования;

b) не употреблять иные вазоактивные или нейроактивные вещества (в том числе, не курить, не пить напитки, содержащие кофеин), не заниматься физическими упражнениями в течение, по крайней мере, одного часа до начала обследования;

c) не подвергаться электрофизиологическим обследованиям на нервную проводимость верхних конечностей в течение, по крайней мере, двух часов до начала обследования;

d) не подвергаться объективным обследованиям работы сосудов или сенсорной функции кисти руки в течение, по крайней мере, тридцати минут до начала обследования;

e) находиться в течение, по крайней мере, 5 мин в помещении с температурой от 20 °С до 30 °С или до тех пор, пока температура кожи рук в точках измерений не достигнет 27 °С — 35 °С;

f) пройти осмотр пальцев, где будут проводить измерения, на предмет выявления травм, рубцов, мозолей и других повреждений кожного покрова, которые могут оказать влияние на результат измерений.

Допускается применение лекарств, не попадающих под вещества, описанные в перечислении b), но об этом в протоколе измерений должна быть сделана соответствующая запись.

При нарушении какого-либо из требований, указанных в перечислениях a) — f), измерения вибротактильной чувствительности следует отложить.

Повышение температуры кисти руки до необходимой должно происходить естественным путем. Не допускается прогревать руки, например, с помощью нагревательных приборов или опуская их в горячую воду.

Примечание — Для устранения физиологических эффектов, связанных с деятельностью, указанной в перечислении a), может потребоваться период времени не менее 12 час, после которого можно будет проводить измерения вибротактильной чувствительности.

Если при осмотре пальцев выявлены повреждения, указанные в перечислении f), врач, проводящий обследование, должен выбрать другое место для проведения измерений. Если подходящего места найти не удается, но измерения, тем не менее, проводят, то о всех дефектах кожного покрова должна быть сделана запись в протоколе измерений.

5.2.2 Перед обследованием субъект должен быть проинструктирован в отношении необходимости:

a) снять наручные часы, кольца и другие ювелирные украшения рук, освободить руки от одежды, которая могла бы доставлять дискомфорт или препятствовать проведению измерений, когда рука покоится на опоре;

b) принять удобную позу и расположить без напряжения предплечье и кисть руки на опоре;

c) сохранять неподвижность в течение всего обследования.

5.3 Инструктирование субъекта о способе обследования

Каждый субъект должен быть проинструктирован о порядке проведения обследования. Инструкция должна включать:

a) общее представление о предстоящих измерениях с указанием пальцев, на которые будет подано воздействие;

b) описание ощущений, которые могут возникнуть у субъекта (например, «вибрация», «гудение», «покалывание», «дрожание», «толчки»);

c) предупреждение, что стимул может быть очень слабым и не всегда ощутимым;

d) описание, какими должны быть действия субъекта в момент, когда он ощутит воздействие стимула (например, отжатие кнопки);

e) описание, какими должны быть действия субъекта в момент, когда он перестанет ощущать воздействие стимула (например, нажатие кнопки);

f) дополнительные положения, связанные с требованиями национальных органов.

После завершения инструктажа врач, проводящий обследование, должен спросить субъекта, понятна ли ему предстоящая процедура. При наличии сомнений в том, что инструкция понята правильно, ее следует повторить.

6 Проведение обследования

6.1 Ознакомление

Перед проведением измерений вибротактильной чувствительности субъект должен быть ознакомлен с предъявляемыми стимулами и проинструктирован, как и когда он должен на эти стимулы реагировать.

Проводят одно или несколько пробных измерений порогов вибротактильной чувствительности, чтобы убедиться в правильном понимании субъектом поставленной задачи.

6.2 Измерения порогов при нарастающей и спадающей интенсивности воздействия

6.2.1 Перед началом измерений следует убедиться, что:

a) субъект принял удобное положение на сиденье;

b) определены все точки измерений, а все возможные дефекты кожного покрова занесены в протокол измерений.

6.2.2 Осуществляют поэтапную процедуру приведения стимулятора в контакт с кожной поверхностью:

a) субъект располагает кисть и предплечье на опоре в удобном для себя положении, приготовив палец для соприкосновения со стимулятором. Если предусмотрены приспособления для фиксации кисти руки или предплечья, они должны быть соответствующим образом отрегулированы;

b) палец субъекта приводят в контакт с толкателем и, если предусмотрено, подставкой;

c) поддерживают условия контакта в соответствии с выбранным способом: A или B.

6.2.3 Осуществляют поэтапную процедуру проверки достоверности измерений:

a) субъект должен подтвердить, что способен ощущать предъявленный стимул, а врач, проводящий обследование, что реакция субъекта на стимул правильно регистрируется аппаратурой;

b) измеряют фоновую вибрацию на кончике пальца руки при нахождении субъекта в том же положении, что и при определении порогов вибротактильной чувствительности, при нахождении толкателя и подставки в контакте с пальцем, но без предъявления стимула.

6.2.4 Осуществляют поэтапную процедуру измерений, включая следующие этапы:

a) врач убеждается в готовности субъекта к проведению обследования;

b) субъекту предъявляют стимул в соответствии с выбранным методом психофизических измерений;

c) определяют, по крайней мере, по четыре порога для нарастающей и спадающей интенсивности стимула на рекомендуемой частоте или, если частота изменяется в процессе измерений, на эквивалентной частоте. Полученные значения порогов обозначают t_a (1), t_d (1), t_a (2), t_d (2) и т.д.;

d) этапы b) и c) повторяют для каждой выбранной частоты (эквивалентной частоты) измерений.

6.3 Анализ результатов измерений порогов при нарастающей и спадающей интенсивности стимула

Полученные результаты измерений со стимулом нарастающей и спадающей интенсивности считают пригодными для расчета порога вибротактильной чувствительности, если, начиная со второй пары, t_a (2), t_d (2), выполнены следующие условия:

a) значения порогов для нарастающей интенсивности стимула отличаются друг от друга не более чем на 10 дБ (или в 3,15 раза);

b) значения порогов для спадающей интенсивности стимула отличаются друг от друга не более чем на 10 дБ (или в 3,15 раза);

c) среднеарифметические значения для каждой пары порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимулов отличаются друг от друга не более чем на 6,0 дБ (или в два раза), т.е.

$$\left|\frac{t_a(r)+t_d(r)}{2}-\frac{t_a(r+i)+t_d(r+i)}{2}\right| \le 6, \qquad (1)$$

где $r = 2, 3, \ldots, n$;

$i = 1, 2, \ldots$ для каждого r;

$t_a(r)$, $t_d(r)$ — значения порогов в децибелах, дБ, относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2.

Если вышеперечисленные условия не выполняются, измерения порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула проводят заново.

Примечание 1 — Проверка пригодности полученных значений порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула основана на субъективном восприятии движения, чему в большей степени соответствует логарифмическая шкала измерения параметров движения (в децибелах).

Примечание 2 — Первую пару измеренных значений порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула не используют при расчетах порога вибротактильной чувствительности (см. 6.4).

Примечание 3 — Вычисление стандартных отклонений значений порогов для нарастающей и спадающей интенсивности может помочь в выявлении несоответствующих (ошибочных) реакций субъекта.

6.4 Вычисление порога вибротактильной чувствительности

За порог вибротактильной чувствительности принимают значение, соответствующее 50 % положительных ответов по психометрической кривой на данной частоте (эквивалентной частоте) предъявления стимула.

Этому значению соответствует среднеарифметическое полученных значений порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула в децибелах относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2. При этом первую пару t_a (1) и t_d (1) на каждой частоте (эквивалентной частоте) в расчетах не учитывают. Для расчета порога вибротактильной чувствительности необходимо получить, по крайней мере, еще три пары значений $t_a(r)$ и $t_d(r)$:

$$\mathrm{VPT} = \frac{1}{n-1}\sum_{r=2}^{n}\frac{t_a(r)+t_d(r)}{2}, \qquad (2)$$

где $n \ge 4$;

$t_a(r)$, $t_d(r)$ — значения порогов в децибелах, дБ, относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2.

Примечание — Порог вибротактильной чувствительности, определенный по формуле (2) как среднеарифметическое значение порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула, выраженных в децибелах (дБ), эквивалентен порогу вибротактильной чувствительности, выраженному в виде среднегеометрического значения порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула, выраженных в метрах на секунду в квадрате (м/с^2).

Полученные значения порогов вибротактильной чувствительности выражают в децибелах (относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2) или в метрах на секунду в квадрате (м/с^2). Эти две величины связаны между собой соотношением

$$\text{VPT [дБ]} = 20\lg\frac{\text{VPT [м/с}^2\text{]}}{10^{-6}}. \quad (3)$$

6.5 Измерения фоновой вибрации

Фоновую вибрацию измеряют, когда субъект находится в том же положении, что и при измерении порогов вибротактильной чувствительности, толкатель находится в контакте с пальцем, но стимул не предъявлен. Для измерений фоновой вибрации используют датчик с согласующим устройством.

Фоновую вибрацию необходимо определять на каждой частоте измерений порога вибротактильной чувствительности или на каждой эквивалентной частоте, выбранной в качестве представительной для того диапазона, в котором вибрация изменяется в процессе измерений.

Диапазон частот измерений фоновой вибрации должен включать все рекомендуемые частоты, указанные в таблице 3, для тех типов механорецепторов, для которых определяют пороги вибротактильной чувствительности (например, при измерениях на частоте 125 Гц требуемый диапазон частот измерений должен составлять, по крайней мере, от 100 до 160 Гц).

Фоновую вибрацию представляют в виде среднеквадратичного значения ускорения, выраженного в децибелах (дБ) относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2, или в метрах на секунду в квадрате (м/с^2) для каждой частоты (эквивалентной частоты) измерений.

Фоновая вибрация должна быть меньше порога вибротактильной чувствительности на частоте (эквивалентной частоте) измерений. Если фоновый шум составляет более 0,63 порога вибротактильной чувствительности при выражении этих величин в метрах на секунду в квадрате (м/с^2) или отличается от порога вибротактильной чувствительности менее чем на 4 дБ при выражении этих величин в децибелах (дБ) (например, на 3,9 дБ), тогда следует принять меры к снижению фоновой вибрации, после чего измерения порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула повторить согласно 6.2.

6.6 Измерения температуры кожи

Поверхность температуры кожи измеряют в каждой области измерений порогов вибротактильной чувствительности. Погрешность измерений не должна превышать ± 1,0 °С. Измерения температуры проводят до измерений порогов вибротактильной чувствительности в пределах пятиминутки ознакомления субъекта с процедурой измерений (см. 6.1).

Температуру поверхности кожи измеряют также после проведения измерений порогов вибротактильной чувствительности, если результаты измерений вышли за пределы ожидаемого диапазона (см. ИСО 13091-2). Если при этом окажется, что температура поверхности кожи вышла за пределы диапазона от 27 °С до 35 °С, то принимают меры к тому, чтобы температура вернулась в указанные пределы, после чего измерения порогов для нарастающей и спадающей интенсивности стимула проводят заново согласно 6.2.

7 Представление результатов измерений

Значения порогов вибротактильной чувствительности приводят для каждой частоты (эквивалентной частоты) вместе со следующей информацией:

- возраст субъекта и его пол;
- рука и пальцы, на которых проводили измерения;
- температура пальцев, на которых проводили измерения;
- дефекты кожи (при их наличии) в области измерений;
- способ измерений (А или В);
- частота (эквивалентная частота) стимульного сигнала;
- временные интервалы наличия и отсутствия сигнала, если стимульный сигнал носит прерывистый характер;
- диаметр оконечника толкателя;
- усилие контакта или прогиб кожи в области контакта;
- диаметр отверстия в подставке (если ее используют) и сила, с которой пальцы нажимают на подставку;
- используемый метод психофизических измерений;
- данные калибровки измерительной системы;

- данные, подтверждающие правильность функционирования измерительной системы, полученные перед проведением обследования;
- значения фоновой вибрации на пальце для каждой частоты (эквивалентной частоты) измерений.

Если субъект подвергается медицинскому наблюдению, указывают его диагноз, прописанное лекарство и время его принятия.

Приложение А
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам

Таблица А.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 2041:1990	ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения
ИСО 5805:1997	*
МЭК 60601-1:2005	ГОСТ Р 50267.0—92 Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.	

Библиография

[1] ISO 4287:1997 Геометрические характеристики изделий. Шероховатость поверхности. Описание профиля. Термины, определения, параметры

[2] ISO 13091-2:2003 Вибрация. Пороги вибротактильной чувствительности для оценки нервных дисфункций. Часть 2. Анализ и интерпретация результатов измерений на кончиках пальцев рук

[3] МЭК 60050(801):1994 Международный электротехнический словарь. Глава 801. Акустика и электроакустика

[4] Ahrend K.D. Validerung der Pallästhesiometrie als Screening-Methode zur Diagnostik der beruflichen Schwingungsbeanspruchung. Literaturstudie, HVBG (Bonn, Germany), 1994, pp. 1—165

[5] Blake D.T., Hsiao S.S., Johnson K.O. Neural coding mechanisms in tactile pattern recognition: The relative contributions of slowly and rapidly adapting mechanoreceptors to perceived roughness. J. Neuroscience, 17, 1997, pp. 7480—7489

[6] Bolanowski S.J., Gescheider G.A., Verrillo R.T., Checkosky C.M. Four channels mediate the mechanical aspects of touch. J. Acoust. Soc. Am., 84, 1988, pp. 1680—1694

[7] Bolanowski S.J., Verrillo R.T. Temperature and criterion effects in a somatosensory subsystem: A neurophysiological and psychophysical study. J. Neurophysiol., 48, 1982, pp. 836—855

[8] Brammer A.J., Piercy J.E. Measuring vibrotactile perception thresholds at the fingertips of power-tool operators. Proc. U.K. Group Meeting on Human Response to Vibration, Buxton, 1991, pp. 1—7

[9] Brammer A.J., Piercy J.E. Rationale for measuring vibrotactile perception at the fingertips as proposed for standardization in ISO 13091-1. Arbetslivsrapport No. 2000:4. National Institute for Working Life, Stockholm, 2000, pp. 125—132

[10] Gescheider G.A., Bolanowski S.J., Verrillo R.T., Arpajian D.J., Ryan T.F. Vibrotactile intensity measured by three methods. J. Acoust. Soc. Am., 87, 1990, pp. 330—338

[11] Gescheider G.A., Migel N. Some temporal parameters in vibrotactile forward masking. J. Acoust. Soc. Am., 98, 1995, pp. 3195—3199

[12] Gescheider G.A., Wright J.H., Weber B.J., Barton W.G. Absolute thresholds in vibrotactile signal detection. Perception & Psychophysics, 10, 1971, pp. 413—417

[13] Hamer R.D., Verrillo R.T., Zwislocki J.J. Vibrotactile masking of Pacinian and non-Pacinian channels. J. Acoust. Soc. Am., 73, 1983, pp. 1293—1303

[14] Harada N., Griffin M.J. Factors influencing vibration sense thresholds used to assess occupational exposures to hand-transmitted vibration. Br. J. Ind. Med., 48, 1991, pp. 185—192

[15] Johannson R.S., Landström U., Lundström R. Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to sinusoidal skin displacements. Brain Res., 244, 1982, pp. 17—25

[16] Johannson R.S., Vallbo A.B. Tactile sensory coding in the glabrous skin of the hands. Trends in NeuroSciences, 6, 1983, pp. 27—32

[17] Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. J. Acoust. Soc. Am., 49, 1971, pp. 467—477

[18] Lindsell C.J. Vibrotactile thresholds: Effect of contact force and skin indentation. Proc. U.K. Group Meeting on Human Response to Vibration, Southampton, 1997, pp. 1—11

[19] Lundström R. Responses of mechanoreceptive afferent units in the glabrous skin of the human hand to vibration. Scand. J. Work. Environ. Health, 12, 1986, pp. 413—416

[20] Lundström R., Strömberg T., Lundborg G. Vibrotactile perception threshold measurements for diagnosis of sensory neuropathy: Description of a reference population. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 64, 1992, pp. 201—207

[21] Macos J.C., Gescheider G.A., Bolanowski S.J. Decay in the effect of forward masking. J. Acoust. Soc. Am., 99, 1996, pp. 1124—1129

[22] Macos J.C., Gescheider G.A., Bolanowski S.J. The effects of static indentation on vibrotactile thresholds. J. Acoust. Soc. Am, 99, 1996, pp. 3149—3153

[23] Maeda S., Griffin M.J. A comparison of vibrotactile thresholds on the finger obtained with different measuring algorithms. In: Gemne G., Brammer A.J., Hagberg M., Lundström R., Nilsson T., eds. Stockholm Workshop 94, Hand-Arm Vibration Syndrome: Diagnostics and Quantitative Relationships to Exposure, Arbete och Hälsa, 5, 1995, pp. 85—95

[24] Maeda S., Griffin M.J. A comparison of vibrotactile thresholds on the finger obtained with different equipment. Ergonomics, 37, 1994, pp. 1391—1406

[25] Nishiyama K., Watanabe S. Temporary threshold shift of vibratory sensation after clasping a vibrating handle. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 49, 1981, pp. 21—33

[26] Piercy J.E., Brammer A.J. Equivalent skin-stimulator contact forces for vibrotactile measurements with, and without, a surround. Arbetslivsrapport No. 2000:4. National Institute for Working Life, Stockholm, 2000, pp. 151—154

[27] Piercy J.E., Brammer A.J., Taylor W. Physiological noise and its influence on vibrotactile perception thresholds. Scand. J. Work. Environ. Health, 12, 1986, pp. 417—419

[28] Verrillo R.T. Psychophysics of vibrotaction. J. Acoust. Soc. Am., 77, 1985, pp. 225—232

[29] Verrillo R.T. Temporal summation in vibrotactile sensitivity. J. Acoust. Soc. Am., 37, 1965, pp. 843—846

[30] Verrillo R.T., Bolanowski S.J. The effects of skin temperature on the psychophysical responses to vibration on glabrous and hairy skin. J. Acoust. Soc. Am., 80, 1986, pp. 528—532

УДК 534.322.3.08:006.354 ОКС 13.160 Т34

Ключевые слова: вибрация, вибротактильная чувствительность, порог вибротактильной чувствительности, смещение порога, измерения, оценка, нервные дисфункции

Редактор *Н.О. Грач*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 27.01.2009. Подписано в печать 18.02.2009. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,30. Тираж 131 экз. Зак. 94.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6