

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Вибрация

**Измерение локальной вибрации и оценка ее
воздействия на человека**

Часть 1: Общие требования

Межгосударственный Совет

по стандартизации, метрологии и сертификации

Минск

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 "Вибрация и удар"

ВНЕСЕН Госстандартом России

2 ПРИНЯТ Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № от)

За принятие проголосовали:

Наименование государства	Наименование национального органа по стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Беларусь	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	Грузстандарт
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызская Республика	Кыргызстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикгосстандарт
Туркменистан	Главгосинспекция "Туркменстандартлары"
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

3 Настоящий стандарт соответствует ИСО 5349-1-2001 "Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования"

© ИПК Издательство стандартов,

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Технического секретариата Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации

Содержание

Введение

1 Область применения

2 Нормативные ссылки

3 Термины и определения

4 Условные обозначения

5 Измерение локальной вибрации

6 Характеристики воздействия локальной вибрации

7 Сведения о проведенных измерениях

Приложение А (обязательное) Частотная коррекция и полосовая фильтрация

Приложение В (справочное) Влияние локальной вибрации на состояние здоровья человека

Приложение С (справочное) Связь между воздействием вибрации и ее влиянием на здоровье

Приложение D (справочное) Факторы, которые могут оказать влияние на воздействие локальной вибрации в рабочих условиях

Приложение Е (информационное) Профилактические мероприятия

Приложение F (справочное) Руководство по представлению дополнительной информации

Приложение G (справочное) Библиография

Введение

В процессе работы с ручными машинами любого типа и с любым видом привода (электрическим, пневматическим, гидравлическим, от двигателя внутреннего сгорания), на машинах с ручным управлением, при обработке на станках вручную удерживаемых деталей на кисть и плечо оператора может передаваться значительная вибрация. В зависимости от вида и места проводимых работ эта вибрация может воздействовать как на одну руку, так и на обе руки сразу, являясь источником дискомфорта и снижая производительность труда. Кроме того, установлено, что регулярное длительное воздействие локальной вибрации может быть причиной заболеваний, затрагивающих разные органы человека: кровеносные сосуды, нервную систему, кости, суставы, мышцы, соединительную ткань кисти и предплечья.

На данный момент рано говорить о точно установленной связи между параметрами вибрационного воздействия (его уровнем, длительностью, распределению по спектру частот) и развитием того или иного заболевания. Однако установленные в настоящем стандарте методы оценки, основанные на международном опыте практических исследований и лабораторных экспериментах, должны способствовать снижению риска появления у рабочих профессиональных заболеваний, обусловленных действием локальной вибрации. Вместе с тем настоящий стандарт не устанавливает диапазон "безопасной" вибрации, - вопросы гигиенического нормирования вибрации должны рассматриваться в соответствующих документах на национальном уровне.

Настоящий стандарт устанавливает общие требования по проведению измерений и оценке воздействия локальной вибрации на человека. Вопросы измерения и оценки вибрации на рабочем месте оператора рассматриваются в ГОСТ ИСО 5349-2.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**Вибрация.****Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.****Часть 1. Общие требования**

Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements

Дата введения**1 Область применения**

В настоящем стандарте установлены общие требования по измерению и представлению результатов измерений локальной вибрации в трех взаимно ортогональных направлениях. Определена форма частотной коррекции (приложение А), применяемая при оценке воздействия локальной вибрации, и основной параметр, $a_{hv(eq,8h)}$ или $A(8)$ (см. раздел 3), используемый для нормирования вибрации на национальном уровне. Получаемые оценки могут быть использованы для предсказания негативных эффектов воздействия локальной вибрации в диапазоне частот от 5,6 до 1400 Гц (т.е. диапазоне, покрываемом последовательным набором третьоктавных полос с центральными частотами от 6,3 до 1250 Гц).

Настоящий стандарт распространяется на все виды вибрации: периодическую, случайную, переходные процессы.¹⁾

Приложение В содержит справочные сведения о характере влияния локальной вибрации на здоровье человека, а в приложении С даны некоторые ориентировочные соотношения такой зависимости. В приложении D содержится информация о факторах, которые могут оказать влияние на восприятие человеком локальной виб-

¹⁾ В настоящее время влияние на здоровье человека импульсной вибрации изучено недостаточно. При необходимости настоящий стандарт можно использовать и для оценки воздействия в форме повторяющихся ударов, однако, следует иметь в виду, что при одинаковых количественных оценках эффект воздействия локальной вибрации на состояние здоровья может быть разным в зависимости от вида вибрации. Кроме того, в случае импульсной вибрации (переходных процессов), как правило, возрастает неопределенность оценок параметров.

рации, а в приложении Е – некоторые рекомендации по профилактическим мероприятиям для ослабления неблагоприятного воздействия локальной вибрации. В приложении F дано руководство по сбору информации о воздействии локальной вибрации, что может оказать помощь в ходе дальнейших работ по стандартизации в данной области.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.012- Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.4.012- (ИСО 8041-2003) Вибрация. Средства измерения вибрации, воздействующей на человека. Общие требования.

ГОСТ 17168-82 Фильтры электронные октавные и третьоктавные. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 24346-80 Вибрация. Термины и определения.

ГОСТ ИСО 5348-2002 Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров.

ГОСТ (ИСО 5349-2-2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяют термины по ГОСТ 12.1.012, ГОСТ 12.4.012 и ГОСТ 24346. Некоторые медицинские термины для удобства пользования приведены в приложении В.

4 Условные обозначения

В настоящем стандарте применяют следующие условные обозначения.

$a_{hw}(t)^{1)}$ - мгновенное значение скорректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации в момент времени t , м/с²;

¹⁾ Здесь и далее подстрочный индекс h (от английского *hand* – рука) используется, чтобы показать, что данный параметр относится к локальной вибрации.

- a_{hw} - среднее квадратическое значение скорректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации, м/с^2 ;
- $a_{hw_x}, a_{hw_y}, a_{hw_z}$ - значение a_{hw} , м/с^2 , в направлении осей x , y и z соответственно;
- a_{hw} - полное скорректированное среднее квадратическое значение виброускорения, м/с^2 ; эта величина представляет собой корень из суммы квадратов a_{hw} по всем трем направлениям измерения вибрации;
- $a_{hw(eq,8h)}$ - суточное воздействие вибрации (полная вибрация, энергия которой эквивалентна энергии 8-часового воздействия), $\text{м/с}^{2,1)}$
- D_y - стажевое время общего воздействия вибрации, лет;
- T - общее время воздействия вибрации a_{hw} в течение суток;
- T_0 - базовое значение временного интервала в 8 час (28800 с);
- W_h - форма частотной коррекции для локальной вибрации.

5 Измерение локальной вибрации

5.1 Общие положения

Метод оценки, установленный в настоящем стандарте, учитывает следующие факторы, влияющие на восприятие человеком локальной вибрации в производственных условиях:

- a) частотный спектр вибрации;
- b) уровень вибрации;
- c) длительность воздействия в течение рабочего дня;
- d) суммарное воздействие вибрации, накопленное к определенному моменту времени в течение трудовой деятельности.

Другие факторы, которые могут оказать влияние на эффекты, связанные с воздействием вибрации, перечислены в приложении D.

¹⁾ Часто вместо этого обозначения используют более краткую форму: $A(8)$.

5.2 Измерительное оборудование

5.2.1 Общие положения

Измерение локальной вибрации проводят с помощью средств измерений, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 12.4.012. Работоспособность аппаратуры проверяют до и после проведения серии измерений. Средства измерений должны быть поверены в соответствии с национальной метрологической схемой.

5.2.2 Датчики вибрации

В качестве датчика вибрации может использоваться акселерометр общего назначения (при измерениях вибрации, создаваемой инструментами и машинами без ударного действия) или акселерометр, специально предназначенный для измерения больших пиковых ускорений (создаваемых инструментами ударного действия).

Датчики вибрации должны выдерживать действие вибрации в широком диапазоне амплитуд, сохраняя при этом стабильность своих характеристик. Размеры и масса датчика должны быть такими, чтобы, с одной стороны, его установка не влияла на измеряемую вибрацию и на работу самой машины и, с другой, позволяли точно определить положение точки, в которой проводят измерения вибрации.

Более подробные рекомендации по выбору датчиков приведены в ГОСТ (ИСО 5349-2).

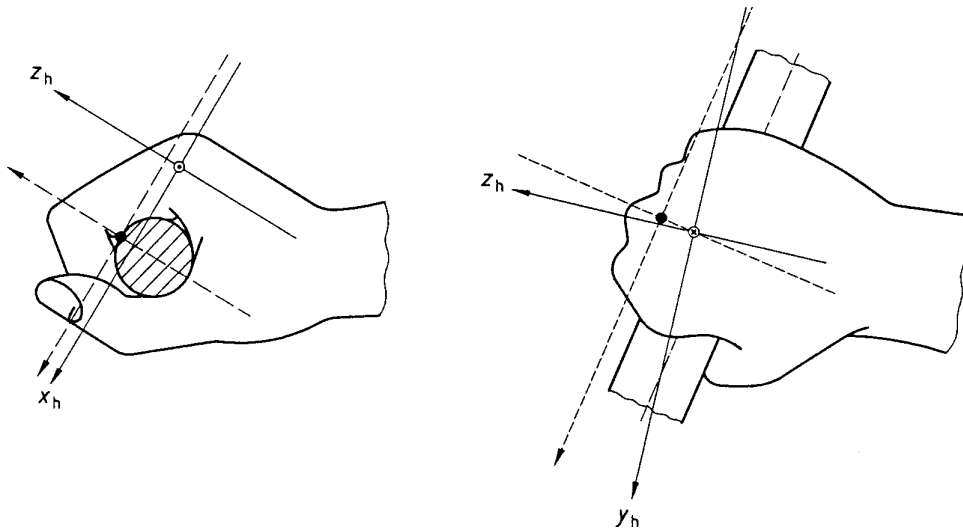
5.2.3 Местоположение и ориентация датчиков

Локальную вибрацию следует измерять в направлении осей ортогональной системы координат, как показано на рисунке 1.

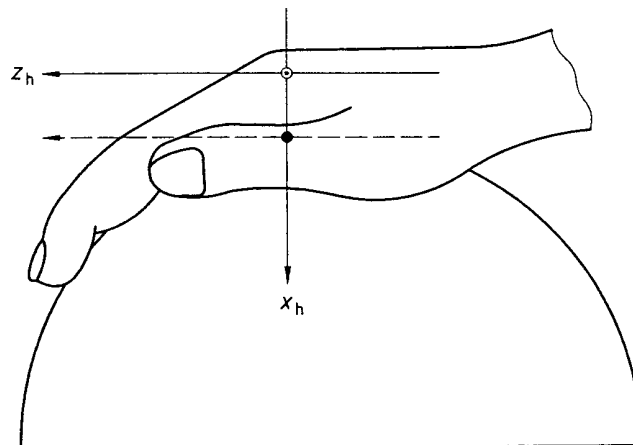
Из практических соображений эту систему координат удобно задавать относительно соответствующей базицентрической системы координат (см. рисунок 1). В случае измерения локальной вибрации положение базицентрической системы координат определяется предметом – обрабатываемой деталью, рукояткой инструмента или рычагом устройства управления, – через который вибрация передается на сжатую кисть¹⁾ (см. также [1]).

¹⁾ Центром биодинамической системы координат является головка третьей пястной кости. Ось z_h определена как продольная ось третьей пястной кости с положительным направлением в сторону кончика пальца. Ось x_h проходит через начало координат, перпендикулярна оси z_h и направлена вверх, когда кисть находится в нормальном анатомическом положении (ладонью вверх). Ось y_h перпендикулярна двум другим осям и положительно направлена в сторону большого пальца. На практике обычно используют базицентрическую систему

Желательно измерять вибрацию во всех трех направлениях одновременно. Допустимо проведение измерений вдоль каждой оси по очереди при условии, что рабочие условия от измерения к измерению остаются неизменными. Измерения следует проводить на вибрирующей поверхности по возможности ближе к центру области обхвата рукой машины, инструмента или обрабатываемой детали. Местоположение датчиков должно быть зафиксировано.



а) Положение "сжатая ладонь" (кисть обхватывает цилиндрическую рукоятку)



Обозначения



Биодинамическая система координат
Базицентрическая система координат

б) Положение "плоская ладонь" (кисть нажимает на сферическую поверхность)

Рисунок 1 – Система координат, связанная с кистью руки

координат, которая получается вращением системы координат в плоскости $(y - z)$ таким образом, чтобы ось y_h была параллельна оси предмета, удерживаемого кистью руки (например, рукоятки).

Примечание – В зависимости от местоположения точки измерения на вибрирующей поверхности уровень вибрации может изменяться весьма существенно.

Более подробное руководство по расположению датчиков дано в ГОСТ ИСО 5349-2.

5.2.4 Крепление датчиков

Крепление датчиков должно быть жестким. Более подробные требования к креплению акселерометра приведены в ГОСТ ИСО 5348 и ГОСТ (ИСО 5349-2). Практическое руководство по креплению датчиков в сложных ситуациях (например, в случаях упругой вибрирующей поверхности или вибрации импульсного вида), а также по использованию адаптеров также дано в ГОСТ (ИСО 5349-2).

5.3 Контакт руки с источником вибрации

Измеренное значение вибрации зависит от способа приложения усилия к вибрирующей поверхности.¹⁾ Измерения вибрации следует проводить при таких усилиях обхвата, которые характерны для контакта руки с вибрирующей поверхностью машины, рукоятки или обрабатываемой детали в типичных условиях применения инструмента или для типичного технологического процесса.

По возможности, рекомендуется измерить и зафиксировать силу, с которой рука действует на область контакта с вибрирующей поверхностью. Рекомендуется также дать описание позы оператора для конкретных условий измерения или для данного рабочего процесса (см. приложения D и F).

5.4 Измеряемые величины

Основной величиной, используемой для описания уровня вибрации, является среднее квадратическое значение скорректированного ускорения, в m/s^2 .

Измерения скорректированного ускорения требуют применения соответствующих полосовых и весовых фильтров. Применение частотной коррекции W_h исходит из того, что вибрация на разных частотах по-разному влияет на степень получаемых повреждений. Характеристики частотной коррекции и полосовой фильтрации даны в приложении А.

¹⁾ Другим, не менее важным фактором является то, что от характера приложения усилия зависит влияние вибрации на здоровье оператора. Это влияние может быть разным в зависимости от того, например, удерживается инструмент локальным усилием мышц или это усилие распределено по всей руке. Однако влияние данного фактора на оценку вибрации в настоящий момент изучено еще недостаточно и в настоящем стандарте не рассматривается.

Среднее квадратическое значение получают в результате выполнения операции интегрирования без использования временных весовых функций¹⁾:

$$a_{hw} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_{hw}^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (1)$$

Время интегрирования T должно быть выбрано таким образом, чтобы оно могло охватить характерный участок вибросигнала (см. ГОСТ ИСО 5349-2).

При проведении измерений для различных практических целей (например, исследования эффективности средств виброзащиты или способов снижения виброактивности инструмента за счет разных технических средств) настоятельно рекомендуется измерять также частотный спектр вибрации (более подробно - см. приложение F). Кроме того, знание частотного спектра позволяет более точно характеризовать получаемое в процессе воздействия локальной вибрации повреждение.

5.5 Трехкомпонентная вибрация

Установленный в настоящем стандарте метод оценки исходит из предположения, что вибрация в каждом из направлений оказывает одинаково вредное воздействие на оператора. Поэтому измерения необходимо проводить во всех трех направлениях. При этом отдельно должны быть зафиксированы средние квадратические значения скорректированных виброускорений a_{hw_x} , a_{hw_y} и a_{hw_z} (см. приложение F).

Полная вибрация, a_{hv} , определяется как корень из суммы квадратов трех составляющих вибрации:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2} \quad (2)$$

Иногда осуществить измерения вибрации по всем трем направлениям не представляется возможным. Если измерения проводят только в одном или двух направлениях, в их число должно быть включено то, по которому вибрация максимальна (если это можно заранее установить). При этом полное значение вибрации получают на основе имеющихся измерений, особое внимание уделяя обоснованному выбору коэффициента перевода в полную вибрацию. Для получения полной вибрации измеренное значение вибрации по направлению, где она максимальна, долж-

¹⁾ Многие шумомеры, особенно старых моделей, которые часто применяют при измерениях вибрации, используют для получения среднего квадратического значения экспоненциальную весовую функцию (так называемое "экспоненциальное усреднение сигнала") (см. ГОСТ 12.4.012).

но быть умножено на коэффициент от 1,0 до 1,7 (рекомендации по выбору коэффициента даны в ГОСТ (ИСО 5349-2)). Значение коэффициента перевода в полную вибрацию и обоснование его выбора должны быть зафиксированы вместе с измеренной составляющей (или составляющими) вибрации.

6 Характеристики воздействия локальной вибрации

6.1 Общие положения

Эффект воздействия вибрации на организм человека зависит от ее уровня и продолжительности воздействия. Чтобы иметь возможность воспользоваться рекомендациями приложения С по влиянию вибрации на состояние здоровья, результаты измерений вибрации должны быть представлены для величины a_{hv} .

6.2 Длительность суточного воздействия

Длительность суточного воздействия представляет собой время, в течение которого рука (или руки) подвергаются воздействию вибрации в течение рабочего дня. Время воздействия вибрации может быть меньше общего времени работы оператора с инструментом или контакта с обрабатываемыми деталями. Важно, чтобы оценки общей длительности суточного воздействия основывались на соответствующих представительных выборках наблюдений для различных рабочих условий, периодов работы и перерывов между ними (более полное руководство дано в ГОСТ (ИСО 5349-2)).

6.3 Характеристика суточного воздействия

Суточное воздействие вибрации определяется на основе значений полной вибрации и длительности суточного воздействия.

Чтобы облегчить сравнение между суточными воздействиями различной длительности, суточное воздействие выражается через полную скорректированную вибрацию $a_{hv(eq,8h)}$, энергия которой эквивалентна энергии вибрации непрерывного 8-часового воздействия (для удобства далее вместо обозначения $a_{hv(eq,8h)}$ используется $A(8)$):

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}, \quad (3)$$

где

T - общая длительность суточного воздействия вибрации a_{hv} ;

T_0 - базовое значение длительности, равное 8 час (28800 с).

Если условия работы таковы, что в смысле воздействия вибрации ее можно разбить на несколько операций с разными уровнями вибрации, суточное воздействие может быть получено по формуле

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} , \quad (4)$$

где

a_{hvi} - полная вибрация для i -й операции;

n - общее число отдельных воздействий вибрации;

T_i - длительность i -й операции.

Составляющие, дающие вклад в $A(8)$, должны быть зафиксированы по отдельности.

Пример – Если значения полной вибрации для периодов воздействия 1, 3 и 0,5 час (в пределах одного рабочего дня) равны соответственно 2, 3, 5 и 10 м/с², то

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} [(2)^2 \times 1 + (3,5)^2 \times 3 + (10)^2 \times 0,5]} = 3,4 .$$

Примечание – Результат вычисления в предыдущем примере округлен до двух значащих цифр. Это определяется не точностью измерений, а точностью вычислений. В реальных же условиях проведение измерений требует определенной тщательности, чтобы погрешность определения величины $A(8)$ не превышала установленного значения (см. ГОСТ (ИСО 5349-2)).

7 Сведения о проведенных измерениях

При оценке воздействия локальной вибрации в соответствии с настоящим стандартом необходимо зафиксировать следующие данные:

- субъект воздействия вибрации;
- операции, вызывающие воздействие вибрации;
- инструмент, вставной инструмент или обрабатываемая деталь, для которых проводились измерения;
- местоположение и ориентация датчиков вибрации;

ГОСТ (ИСО 5349-1-2001)

- измеренные скорректированные средние квадратические значения виброускорения по каждому направлению измерений;
- значение полной вибрации для каждой операции;
- полная длительность суточного воздействия для каждой операции;
- суточное воздействие вибрации.

Если измерения по всем трем координатным осям не проводились, должен быть указан коэффициент перевода в полную вибрацию с обоснованием его выбора.

Более полный перечень данных, которые должны быть зафиксированы, приведен в ГОСТ (ИСО 5349-2) (см. также приложения D и F).

Приложение А (обязательное)

Частотная коррекция и полосовая фильтрация

А.1 Характеристики частотной коррекции и полосовой фильтрации

Измерение a_{hw} требует использования весовых и полосовых фильтров. Применение частотной коррекции W_n исходит из того, что вибрация на разных частотах по-разному влияет на степень получаемых повреждений. Использование результатов измерений для предсказания возможного ущерба, связанного с вибрацией, ограничено диапазоном рабочих частот, покрываемых последовательным набором третьоктавных фильтров с центральными частотами от 6,3 до 1250 Гц (т.е. номинальным диапазоном частот от 5,6 до 1400 Гц). Совместное действие фильтров нижних и верхних частот исключает из результата измерений влияние составляющих вне указанного диапазона, для которого характер и степень влияния действующей вибрации установлены еще недостаточно точно.

Для всех направлений измерений применяют один вид частотной коррекции. Хотя, возможно, реакция человека на вибрацию в разных направлениях, неодинакова, в настоящее время нет достаточных оснований для определения для каждого направления действия вибрации своей частотной коррекции.

Весовые и полосовые фильтры, необходимые для реализации частотной коррекции, могут быть выполнены в аналоговом или цифровом виде. Математический вид фильтров приведен в таблице А.1, а на рисунке А.1 схематично изображена кривая частотной коррекции. Более подробная информация о характеристиках фильтров и допусках на них приведена в ГОСТ 12.4.012.

Таблица А.1 – Характеристики полосовых и весовых фильтров для частотной коррекции W_h

Полосовой фильтр ^а			Весовой фильтр ^а			K
f_1	f_2	Q_1	f_3	f_4	Q_2	
6,310	1258,9	0,71	15,915	15,915	0,64	1

Полосовой фильтр определяется передаточной функцией $H_b(s)$:

$$H_b(s) = \frac{s^2 4\pi^2 f_2^2}{(s^2 + 2\pi f_1 s / Q_1 + 4\pi^2 f_1^2)(s^2 + 2\pi f_2 s / Q_1 + 4\pi^2 f_2^2)}$$

где $s = j2\pi f$ - переменная преобразования Лапласа.

Полосовой фильтр может быть реализован в виде двухполюсного фильтра.

Весовой фильтр определяется передаточной функцией $H_w(s)$:

$$H_w(s) = \frac{(s + 2\pi f_3) 2\pi K f_4^2}{(s^2 + 2\pi f_4 s / Q_2 + 4\pi^2 f_4^2) f_3}$$

где $s = j2\pi f$ - переменная преобразования Лапласа.

Весовой фильтр может быть реализован в виде двухполюсного фильтра.

Общая передаточная функция $H(s)$ частотной коррекции имеет вид: $H(s) = H_b(s) \cdot H_w(s)$.

^а Значения f_n (n изменяется от 1 до 4) обозначают резонансные частоты фильтров, Q_n (n изменяется от 1 до 2) – добротность фильтров, K - постоянный коэффициент усиления.

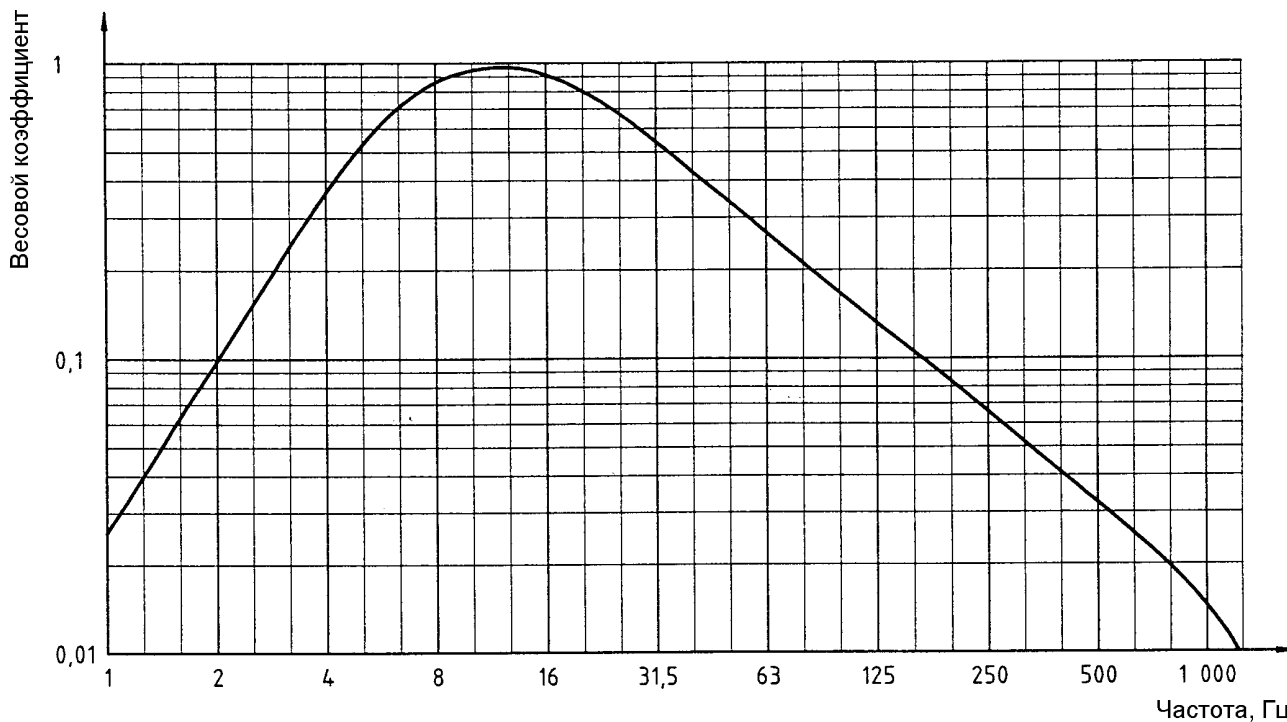


Рисунок А.1 – Схематическое изображение кривой частотной коррекции W_h для локальной вибрации

А.2 Преобразование результатов измерений в третьоктавных полосах в скорректированное значение виброускорения

В качестве альтернативы применению фильтра с передаточной функцией W_{hi} для получения скорректированного виброускорения можно использовать процедуру спектрального анализа и результаты измерения средних квадратических значений виброускорения в третьоктавных полосах частот.

Тогда среднее квадратическое значение скорректированного виброускорения может быть получено по формуле:

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2}, \quad (\text{A.1})$$

где

W_{hi} - весовой коэффициент для i -й третьоктавной полосы (см. таблицу А.2);

a_{hi} - результат измерения среднего квадратического значения ускорения в i -й третьоктавной полосе, м/с^2 .

Основной диапазон частот для оценки локальной вибрации содержит третьоктавные полосы с центральными частотами от 6,3 до 1250 Гц, поэтому при расчете a_{hw} с помощью формулы (А.1) необходимо использовать результаты измерений вибрации для каждой из третьоктавных полос этого диапазона. Частоты вне пределов основного диапазона (например, те, что в таблице А.2 выделены серым цветом) обычно не дают существенного вклада в значение a_{hw} и если известно, что в нижней и верхней части диапазона частот измерений не сосредоточено большой вибрационной энергии, ими при расчетах можно пренебречь.

В том случае, когда в значение a_{hw} большой вклад дают составляющие на краях диапазона частот измерений, пользоваться руководством, данным в приложении С, по предсказанию появления синдрома белых пальцев следует с большой осторожностью.

Примечание – Если в спектре частот имеются ярко выраженные дискретные составляющие, вышеприведенная процедура расчета может привести к большим расхождениям между рассчитанным и непосредственно измеренным значениями скорректированного виброускорения. Такое расхождение будет иметь место, если дискретные составляющие приходятся на частоты, достаточно далеко отстоящие от центральных частот третьоктавных полос. По этой причине более предпочтитель-

ным является использование фильтра W_h или расчеты по результатам измерений в узких полосах частот. В последнем случае для некоторой дискретной частоты (или средней частоты узкополосного диапазона) f , которой соответствует виброускорение $a(f)$, скорректированное виброускорение $a_h(f)$ может быть получено по формуле $a_h(f) = a(f)H(j2\pi f)$.

Таблица А.2 – Весовые коэффициенты W_{hi} ^a для расчета скорректированного значения ускорения локальной вибрации по результатам измерений в третьоктавных полосах

Номер полосы i ^b	Номинальное значение центральной частоты, Гц	Весовой коэффициент W_{hi}
6	4	0,375
7	5	0,545
8	6,3	0,727
9	8	0,873
10	10	0,951
11	12,5	0,958
12	16	0,896
13	20	0,782
14	25	0,647
15	31,5	0,519
16	40	0,411
17	50	0,324
18	63	0,256
19	80	0,202
20	100	0,160
21	125	0,127
22	160	0,101
23	200	0,0799
24	250	0,0634
25	315	0,0503
26	400	0,0398
27	500	0,0314
28	630	0,0245
29	800	0,0186
30	1000	0,0135
31	1250	0,00894
32	1600	0,00536
33	2000	0,00295

^a Характеристики фильтров и допуски на них – по ГОСТ 12.4.012.

^b Номер i полосы частот – по ГОСТ 17168.

Приложение В (справочное)

Влияние локальной вибрации на состояние здоровья человека

В.1 Общие положения

Использование технологических процессов и механизированного инструмента, приводящих к воздействию локальной вибрации на руки оператора, широко распространено в ряде отраслей промышленности. Эта вибрация может являться следствием вращательного или ударного движения, производимого ручными машинами. Воздействие на руки может иметь место также вследствие вибрации обрабатываемой детали, которую оператор держит в руках, а также при ручном управлении машиной, например от руля мотоцикла или рулевого колеса автомобиля.

Повышенная локальная вибрация может приводить к нарушениям потоков крови в периферических сосудах рук, неврологических и локомоторных функций кисти и всей руки. По оценкам от 1,7 % до 3,6 % рабочих развитых стран подвергаются потенциально опасному воздействию локальной вибрации. Термин "синдром локальной вибрации" широко используется для определения нарушений деятельности периферических сосудов, неврологических и мышечно-скелетных повреждений, обусловленных воздействием локальной вибрации. Проявления неврологических или сосудистых нарушений у рабочих, подверженных воздействию такой вибрации, могут носить как индивидуальный, так и групповой характер. В некоторых странах болезни сосудов и суставов, вызванные действием локальной вибрации, причислены к профессиональным заболеваниям с соответствующим возмещением причиненного здоровью ущерба.

В.2 Заболевания сосудистой системы

У рабочих, которые длительное время подвергались воздействию локальной вибрации, можно эпизодически наблюдать побеление пальцев, обычно возникающее под действием холода. Это так называемый феномен Рейно (по имени французского доктора Мориса Рейно, впервые описавшего данное явление в 1862 г.), который обусловлен временным прекращением циркуляции крови в пальцах рук. Предполагается, что вибрация может вносить нарушения в кровообращение в пальцах, делая их более чувствительными к сосудосуживающему действию холода. В

качестве причины развития феномена Рейно у рабочих, подвергавшихся воздействию вибрации, рассматриваются усиленный под длительным действием вредной вибрации центральный сосудосуживающий рефлекс, а также локальные изменения в сосудах пальцев. Для описания обусловленных вибрацией нарушений сосудистой системы применяют разные синонимы: омертвление или побеление пальцев, феномен Рейно, травматические сосудоспазматические нарушения и, в последнее время, синдром белых пальцев. Синдром белых пальцев – профессиональное заболевание, признанное во многих странах.

Первоначально это явление наблюдается на кончиках одного или нескольких пальцев, но если регулярное воздействие вибрации продолжается, побеление захватывает всю область пальца до его основания. Иногда процесс побеления пальцев сменяется их цианозом, т.е. появлением синюшной окраски пальцев вследствие уменьшенного содержания кислорода в застойных участках кровообращения. Возвращение в нормальное состояние, которое обычно можно ускорить прогревом или местным массажем, может сопровождаться покраснением пальцев (с сопутствующим покалыванием, зудом и болевыми ощущениями) как следствие возобновления потока крови в сосудах. Побеление пальцев чаще наблюдается зимой, чем летом и продолжается от нескольких минут до часа и более. Длительность зависит от интенсивности провоцирующих факторов и силы спазма; процесс обычно заканчивается после прогрева всего тела. Если воздействия вибрации будут регулярно продолжаться, приступы будут возобновляться с возрастающей частотой и, в конечном счете, могут наблюдаться регулярно круглый год. В редких запущенных случаях повторяющиеся и сильные приступы могут привести к трофическим изменениям (появлению язв или гангрене) кожи кончиков пальцев рук. Во время приступа у рабочего может наблюдаться полная потеря осязательных и ухудшение манипуляционных способностей, что, в свою очередь, может повлиять на качество выполнения им рабочих операций, повысить риск получения опасных травм в результате несчастных случаев.

В медицине профзаболеваний разработаны различные системы классификации синдрома белых пальцев. Шкала, принятая на Стокгольмской рабочей группе в 1986 г. (см. таблицу В.1), включает четыре стадии, определяемых частотой, продолжительностью и силой приступов.

Таблица В.1 – Шкала, принятая на Стокгольмской рабочей группе в 1986 г.

Сосудистая составляющая		
Стадия	Степень	Описание
0	-	Приступы отсутствуют
1 _v	Мягкая	Случайные приступы, захватывающие только кончики одного или нескольких пальцев
2 _v	Умеренная	Случайные приступы, захватывающие дистальные и средние (редко проксимальные) фаланги одного или нескольких пальцев
3 _v	Сильная	Частые приступы, захватывающие все фаланги на большинстве пальцев
4 _v	Очень сильная	То же что и на стадии 3, но с трофическими изменениями на кончиках пальцев
Сенсорно-нейронная составляющая		
Стадия	Описание	
0 _{SN}	Воздействие вибрации симптомов не вызывает	
1 _{SN}	Временная потеря чувствительности, может сопровождаться покалываниями	
2 _{SN}	Временная или устойчивая потеря чувствительности, сниженное сенсорное восприятие	
3 _{SN}	Временная или устойчивая потеря чувствительности, сниженное тактильное восприятие и манипуляционная способность	

В целях объективной диагностики синдрома белых пальцев используют результаты различных лабораторных тестов. Большинство из них включают в себя раздражение холодом пальцев рук и измерение кожной температуры или кровотока и давления пальцев рук до, во время и после охлаждения.

Эпидемиологические исследования продемонстрировали, что процент лиц с синдромом белых пальцев для групп рабочих, подвергавшихся воздействию вибрации, варьируется очень широко - от 0 до 100 %. Это означает, что вероятность появления и степень развития синдрома белых пальцев определяется действием нескольких факторов, в число которых входят: характеристики действующей вибрации (частота, уровень, направление, характер, длительность), вид технологического процесса и тип применяемого инструмента, условия окружающей среды (температура, вентиляция воздуха, влажность, шум), некоторые биодинамические и эргономические факторы (сила обхвата, сила нажатия, положение руки работающего), а также индивидуальные особенности человека (восприимчивость к заболеваниям, наличие заболеваний, действие химических агентов, таких как никотин или принимаемые лекарства, нарушения периферического кровообращения). Таким образом, существует сложная связь между воздействием вибрации и развитием синдрома белых

пальцев. Эпидемиологические исследования позволяют сделать предположение, что случаи синдрома белых пальцев возрастают с увеличением стажа работы в виброопасной профессии. Практически очевидно, что общее время воздействия до появления симптома белых пальцев должно быть обратно пропорционально уровню вибрационного воздействия (т.е. при удвоении уровня вибрации тот же эффект будет наблюдаться за вдвое более короткий период времени).

В.3 Заболевания нервной системы

Рабочие, подвергающиеся воздействию локальной вибрации, могут времяами ощущать покалывания или онемение пальцев рук и всей кисти в целом. Если воздействие вибрации регулярно повторяется, эти симптомы имеют тенденцию к нарастанию, что может привести к ограничениям в профессиональной деятельности рабочего и в его повседневной жизни. У таких рабочих может снижаться тактильная и температурная чувствительность, а во время клинических испытаний может быть выявлено ухудшение манипуляционных способностей. Другим эффектом воздействия локальной вибрации может быть снижение вибрационной чувствительности кожи на кончиках пальцев рук. Эпидемиологические наблюдения групп рабочих, подвергающихся воздействию локальной вибрации, показывают, что проявление периферических неврологических нарушений варьируется у членов группы от нескольких процентов до более 80 %, и что понижение сенсорной чувствительности характерно для рабочих, применяющих самые разнообразные ручные инструменты.

По-видимому, нейросенсорные нарушения могут развиваться независимо от других заболеваний, связанных с воздействием локальной вибрации, что, возможно, является отражением действия различных механизмов патогенеза. Классификация неврологической составляющей вибрационного синдрома, предложенная на собрании Стокгольмской рабочей группы в 1986 г. содержит три стадии в соответствии с зарегистрированными жалобами (симптомами заболевания), результатами клинического неврологического обследования и психофизических тестов, например на тактильную чувствительность, вибротактильное восприятие или точность манипулирования (см. таблицу В.1).

У рабочих, подвергающихся воздействию вибрации, иногда могут наблюдаться признаки и симптомы невропатий, таких как туннельный синдром запястного канала – заболевания, вызванного пережатием медиального нерва, проходящего через анатомический туннель запястья. По-видимому, туннельная невропатия является

ся общим нарушением для ряда профессиональных групп, использующих при работе вибрирующие ручные машины, - сверловщиков, лудильщиков, работников лесной промышленности. Предполагается, что неблагоприятные эргономические факторы, воздействующие на кисти и запястья рабочих (повторяющиеся движения, сильное сжатие, неудобные позы), в сочетании с вибрацией могут быть причиной развития у операторов ручных машин туннельного синдрома запястного канала.

В.4 Заболевания опорно-двигательного аппарата

В.4.1 Влияние на скелетную систему

У горнорабочих, дорожных строителей и рабочих на операциях металлообработки, подвергающихся воздействию сильных ударов и низкочастотной вибрации (на частотах менее 50 Гц), с которыми связана работа пневматического ударного инструмента, выявлено повышение случаев остеоартроза запястного и локтевого суставов, а также окостенения в местах крепления сухожилий (в основном у локтевого сустава).

Некоторыми исследователями отмечалась также повышенная частота заболеваемости болезнью Киенбока и псевдоартрозом ладьевидной кости запястья. Есть несколько свидетельств повышения костной дегенерации и болезни суставов верхних конечностей у рабочих, занятых на операциях шлифовки или работающих с цепными пилами, что объясняется действием вибрации на средних и высоких частотах. Наличие больших физических усилий, значительных сил обхвата и действие различных биомеханических факторов могут объяснить повышенную степень травматизма скелетной системы, обнаруживаемую у операторов машин ударного действия. Местные болевые ощущения, появление опухолей, деформацию и ухудшение подвижности суставов можно связать с обнаруженными радиологическими методами дегенерацией костной ткани и суставов. Заболевания костей и суставов у рабочих, занятых на операциях с использованием виброопасного ручного инструмента, могут в ряде стран рассматриваться в качестве профессиональных, подлежащих соответствующей компенсации.

В.4.2 Влияние на мышечную систему

Рабочие, имеющие длительный стаж контакта с локальной вибрацией, могут жаловаться на мышечную слабость, боли в руках и снижение мышечной силы. Обнаружено также, что воздействие вибрации может быть причиной уменьшения максимального усилия сжатия кисти. У некоторых лиц мускульная усталость может вы-

зывать потерю трудоспособности. В качестве возможных этиологических факторов таких симптомов рассматриваются непосредственно механические травмы или повреждения в периферической нервной системе.

Другими заболеваниями, зарегистрированными у рабочих, подвергающихся воздействию вибрации, являются тендинит и тендовагинит (т.е. воспаление сухожилий верхних конечностей и их оболочек) и контрактура Дюпюитрена – заболевание фасциальной ткани ладони руки. Эти заболевания, по-видимому, связаны с общим неблагоприятным действием эргономических факторов, которые имеют место при тяжелом ручном труде, и их связь с действием локальной вибрации в настоящее время устанавливается.

В.5 Другие признаки нарушения здоровья

Некоторые исследования показывают, что для рабочих, у которых наблюдается синдром белых пальцев, потеря слуха выше, чем можно было ожидать из учета только возрастного фактора и шума, производимого работающим инструментом. Предполагается, что у лиц, страдающих синдромом белых пальцев, повышается риск потери слуха вследствие спазмов кровеносных сосудов, по которым кровь поступает к внутреннему уху. В дополнениям к заболеваниям периферической нервной системы рядом исследователей были отмечены другие признаки нарушения здоровья лиц, работа которых связана с воздействием вибрации, включая заболевания эндокринной и центральной нервной систем. Клиническая картина, называемая вибрационной болезнью, включает в себя признаки и симптомы, связанные с нарушением функции высших отделов головного мозга (сюда входят постоянное чувство усталости, головная боль, раздражительность, расстройство сна, импотенция, отклонения в электроэнцефалограмме). Для более полного понимания связи между заболеваниями центральной нервной системы и воздействием локальной вибрации необходимо проведение дальнейших, хорошо спланированных эпидемиологических и клинических исследований.

В.6 Словарь терминов

Туннельный синдром запястного канала: симптомы онемения, покалывания или жжения в болезненной форме на ладонной поверхности большого, указательного, среднего и безымянного пальцев, наблюдающиеся преимущественно по ночам и вызванные сжатием или раздражением медиального нерва в области туннельного

прохода, сформированного пястными костями. Могут развиваться признаки ослабления функций кисти и потери трудоспособности.

Цианоз: синюшное обесцвечивание кожи или других тканей вследствие обеднения кислородом крови в поверхностных капиллярах.

Контрактура Дюпюитрена: утолщение фиброзной ткани ладони, препятствующее полному выпрямлению пальцев, в основном безымянному и мизинцу.

Эпидемиология: изучение случаев заболеваний и нарушений здоровья – степени их развития и распространения – у определенной группы людей. *Эпидемиология профзаболеваний* исследует связь между воздействием факторов профессионального риска и их возможным влиянием на ухудшение состояния здоровья.

Синдром локальной вибрации: комплексные симптомы и признаки (неврологической, сосудистой и скелетно-мышечной систем), связанные с нарушением здоровья вследствие воздействия локальной вибрации.

Болезнь Куенбока: резорбция лунообразной кости запястья.

Рост заболеваемости: число новых случаев заболеваний или нарушений здоровья у лиц определенной группы в течение заданного периода времени.

Остеоартроз: дегенерация костных и суставных тканей.

Заболеваемость: число случаев заболевания или нарушения здоровья у лиц определенной группы в определенный момент времени.

Феномен Рейно: побеление пальцев вследствие недостаточной циркуляции крови, причиной которой является спазм сосудов пальцев, обычно провоцируемый действием холода или проявлением эмоций. Различают *первичное заболевание Рейно*, когда симптом побеления пальцев нельзя связать с действием какой-то вполне определенной причины, и *вторичный феномен Рейно*, когда могут быть установлены некоторые причины болезни. *Синдром белых пальцев* – вторичная форма феномена Рейно, вызванная воздействием локальной вибрации.

Нейросенсорные нарушения: ухудшение тактильной, болевой, температурной чувствительности, нарушения в восприятии вибрации и глубинного давления, нарушение дискриминаторной сенсорной функции (двухточечного распознавания, оценки текстуры, размеров и форм).

Тендинит: воспаление сухожилия.

Тендовагинит: воспаление сухожилия и его оболочки.

Спазм сосудов: сужение просвета кровеносных сосудов, особенно в результате увеличенного сжатия мускульной стенки кровеносных сосудов.

Приложение С

(справочное)

Связь между воздействием вибрации и ее влиянием на здоровье

С.1 Основы метода оценки

В данном приложении в первом приближении рассматривается относительная важность различных характеристик вибрационного воздействия с точки зрения его влияния на состояние здоровья. В нем не устанавливаются какие-либо безопасные нормы вибрационного воздействия.

Функция частотной коррекции, установленная в настоящем стандарте, не отражает степень важности вибрации в том или ином диапазоне частот с точки зрения развития отдельных видов заболеваний: сосудистых, неврологических, скелетно-мышечных и т.д. Она предназначена для оценки **общего** биологического эффекта воздействия локальной вибрации.

Предполагается, что вибрация по каждому из трех направлений, определяемым координатными осями, которые изображены на рисунке 1, равноценна с точки зрения причиняемого здоровью ущерба, и что для различных направлений действия вибрации может быть использован один и тот же вид частотной коррекции. Поэтому риск получения повреждений вследствие воздействия локальной вибрации оценивается на основе значения полной вибрации a_{hv} , рассчитываемого по результатам измерений трех составляющих (вдоль каждой координатной оси) скорректированного виброускорения на поверхности в месте ее контакта с рукой, как это определено в настоящем стандарте.

Предполагается, что метод получения оценки эквивалентного суточного воздействия вибрации, изложенный в настоящем стандарте, приближенно отражает соотношение между различными уровнями вибрации и длительностями суточного воздействия.

Примечания

1 Данный метод предполагает, что время суточного воздействия, необходимое для появления симптомов синдрома локальной вибрации обратно пропорционально квадрату скорректированного виброускорения. Если, к примеру, уменьшить виброускорение наполовину, для создания того же эффекта время суточного воздействия вибрации должно быть увеличено в четыре раза.

2 В настоящее время недостаточно данных, определяющих связь длительности суточного воздействия на состояние здоровья. Выбранная зависимость исходит из эквивалентности воздействия вибрации с заданной суточной энергией.

3 Данная зависимость не должна быть экстраполирована на участки очень короткой длительности и больших виброускорений. Такие воздействия связаны с другими, острыми травмами рук.

С.2 Общие факторы влияния на состояние здоровья

Вероятность развития симптомов синдрома локальной вибрации (см. приложение В) у отдельного лица зависит от его чувствительности к вибрационному воздействию, перенесенных ранее заболеваний и условий жизни, а также от факторов, связанных с конкретной личностью, рабочими условиями и условиями внешней среды, как указано в 4.1 и приложении D. Процент проявления симптомов заболевания в определенной группе людей, каждый из которых выполняет одинаковые работы с помощью аналогичного инструмента (инструментов) или занят в одинаковых технологических процессах, зависит также и от диапазона факторов воздействия в группе. Для групп, в которых люди не продолжают свою деятельность, связанную с определенным видом работ, процент проявления симптомов будет зависеть также от причин, по которым они покинули эту группу.

В результате исследований было выявлено, что симптомы синдрома локальной вибрации редко встречаются у лиц, для которых эквивалентное суточное воздействие $A(8)$, по измерениям на поверхности в месте ее контакта с рукой, не превышает 2 м/с^2 , и не зарегистрированы вовсе, если эта величина не превышает 1 м/с^2 .

С.3 Синдром белых пальцев

На рисунке С.1, являющегося обобщением результатов исследований по всему миру, показана оценка суточного воздействия $A(8)$, необходимого для того, чтобы процент заболеваемости синдромом белых пальцев в группе составлял 10 %. Приведенные значения относятся к среднему по группе общему времени воздействия вибрации от 1 года до 10 лет. Те же данные в численном виде представлены в таблице С.1.

Таблица С.1 – Значения суточного воздействия вибрации $A(8)$, для которых можно ожидать 10-процентной заболеваемости синдромом белых пальцев в группе рабочих, подвергающихся воздействию вибрации в течение заданного количества лет D_y

D_y , лет	1	2	4	8
$A(8)$, m/c^2	26	14	7	3,7

Допускается интерполяция данных, приведенных в таблице С.1, для получения значений для промежуточных значений аргумента (общего времени воздействия). В этих целях может быть использовано следующее соотношение:

$$D_y = 31,8[A(8)]^{-1.06} \quad (C.1)$$

где

$A(8)$ - эквивалентное суточное воздействие вибрации на поверхности в месте контакта с рукой, m/c^2 ;

D_y - среднее по группе время общего воздействия, лет.

Примечания

1 Данные настоящего приложения основаны на эпидемиологических исследованиях, в которых применялся механизированный инструмент, создающий вибрацию преимущественно в диапазоне от 30 до 50 Гц (цепные пилы, шлифовальные машины, перфораторы). Поэтому к результатам тех измерений, когда основной вклад в скорректированное виброускорение дает вибрация на более низких частотах, в частности, ниже 20 Гц, следует относиться с осторожностью. В отношении операторов машин данного типа было зарегистрировано влияние вибрации на состояние костей и суставов верхних конечностей (см. приложение В).

2 Соотношение (С.1) не позволяет предсказать риск появления синдрома белых пальцев, обусловленного вибрацией, для какого-либо конкретного члена группы.

3 Рисунок С.1 и таблица С.1 могут быть использованы для определения критерия вибрационного воздействия, предназначенного уменьшить опасность причинения вреда здоровью вследствие действия локальной вибрации для профессио-

нальных групп. Значения таблицы С.1 и рисунка С.1 получены на основе наблюдений групп рабочих, стаж которых достигал 25 лет, применяющих ручной инструмент, для которого виброускорение достигало 30 м/с^2 . Почти во всех таких исследованиях рассматривались группы, состоящие из рабочих, которые практически в течение всего рабочего дня использовали инструмент какого-то одного вида или были заняты в одном технологическом процессе, в течение которого вибрации передавалась им на руки. Значения для виброускорения получены по результатам исследований, в которых фиксировались скорректированные значения составляющей виброускорения в каком-либо одном, доминирующем направлении действия вибрации.

4 Значения, приведенные в таблице С.1 и на рисунке С.1, могут оказаться неприменимы для инструментов и процессов, у которых отношение полной вибрации к вибрации в доминирующем направлении не попадает в диапазон от 1,2 до 1,5. То же самое может иметь место в отношении профессиональных групп, у которых факторы, связанные с условиями труда и жизни, значительно отличаются от типичных.

Если для заданного времени общего воздействия вибрации суточное воздействие вибрации $A(8)$ превышает те, что приведены для 10-процентного уровня заболеваемости синдромом белых пальцев, это служит основанием ожидать более высокого процента заболеваний для наблюдаемой группы.

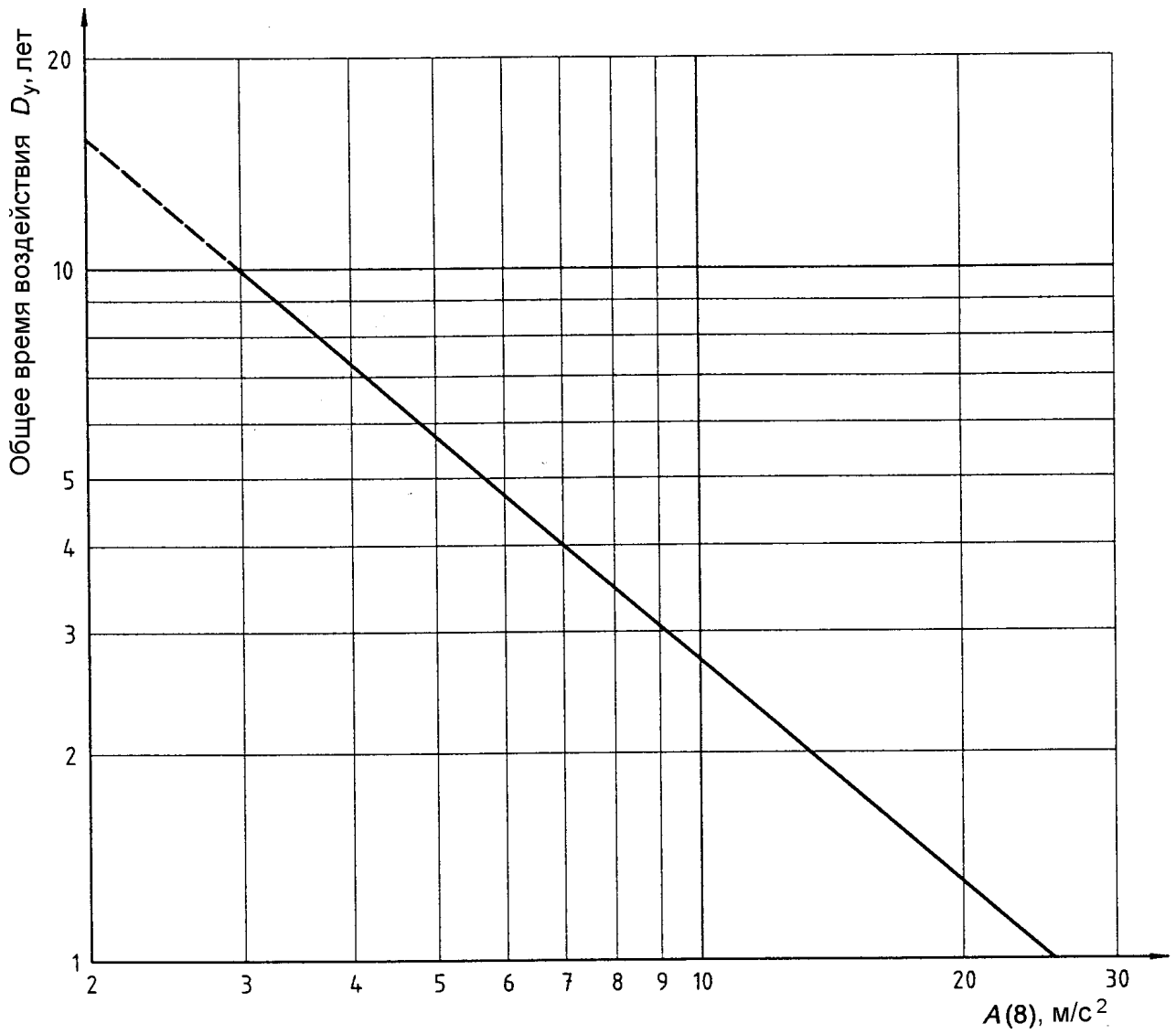


Рисунок С.1 – Зависимость параметров вибрационного воздействия для 10-процентной заболеваемости синдромом белых пальцев рук в группе рабочих

Приложение D

(справочное)

Факторы, которые могут оказать влияние на воздействие локальной вибрации в рабочих условиях

Установленный в настоящем стандарте метод оценки воздействия вибрации учитывает уровень вибрации в диапазоне частот, длительность ее воздействия в течение рабочего дня и кумулятивное (накапливающееся) действие на конкретный момент времени. На восприятие человеком вибрации в рабочих условиях могут оказать влияние также следующие факторы:

- a) направление действия и частотный состав локальной вибрации;
- b) выполняемая рабочая операция и квалификация оператора;
- c) возраст рабочего, а также какая-либо предрасположенность к вибрационной болезни, обусловленная его конституцией или состоянием здоровья;
- d) структура рабочего дня и метод работы, т.е. чередование периодов работы и отдыха, удерживается неработающий инструмент в руках или откладывается в сторону и т.д.;
- e) прилагаемые силы в месте контакта, такие как сила нажатия и сила обхвата, передаваемые оператором через рукоятку ручной машины или обрабатываемую деталь, давление на кожу руки;
- f) положение кисти, всей руки и тела человека в процессе воздействия вибрации (угол наклона запястья, углы в локтевом и плечевом суставах);
- g) тип и состояние вибрирующей машины, ручного инструмента и присоединенных элементов или обрабатываемой детали;
- h) место и площадь той части руки, которая подвергается воздействию вибрации.

Нижеследующие факторы могут оказать особое влияние на изменение циркуляции крови, связанное с действием локальной вибрации:

- i) климатические условия и другие факторы, влияющие на температуру рук или тела;
- j) наличие заболеваний, связанных с кровообращением;

к) вещества, влияющие на периферийное кровообращение, такие как никотин, медицинские препараты или химические реагенты, сопутствующие конкретным рабочим условиям;

л) шум.

Хотя степень важности вышеперечисленных факторов с точки зрения провоцирования появления вибрационной болезни во всех подробностях еще не установлена, и в отношении ряда факторов в настоящем стандарте не установлены требования к их регистрации, сбор полной информации о них был бы весьма желателен для накопления банка данных наблюдений (см. приложение F).

Приложение Е
(информационное)
Профилактические мероприятия

Е.1 Санитарные профилактические мероприятия, связанные с регулярным воздействием локальной вибрации

Рекомендуются следующие мероприятия:

- a) Перед приемом на работу, при выполнении которой рабочий может подвергнуться воздействию локальной вибрации, он должен
 - пройти медицинское обследование;
 - иметь профмаршрут (историю предшествующих воздействий вибрации).
- b) Каждый рабочий, применяющий виброопасный инструмент, должен быть предупрежден о риске для здоровья, связанном с воздействием локальной вибрации.
- c) Более тщательное обследование перед применением виброопасного инструмента должны пройти лица со следующими заболеваниями:
 - первичное заболевание Рейно;
 - заболевания, вызванные нарушением кровообращения в кистях рук;
 - травмы рук, повлекшие за собой нарушения кровообращения или деформацию костей и суставов;
 - вторичный феномен Рейно с установленными причинами его появления;
 - нарушения периферической нервной системы;
 - заболевания опорно-двигательного аппарата.
- d) Необходимо регистрировать все симптомы заболеваний и обеспечить периодический медицинский контроль лиц, подвергающихся риску развития вибрационной болезни.

В некоторых странах существуют ограничения на применение лицами моложе 18 лет виброопасных инструментов некоторых видов.

Е.2 Технические мероприятия, направленные на снижения воздействия локальной вибрации

Рекомендуются следующие мероприятия:

- a) При наличии выбора между различными технологическими процессами использовать тот, для которого вибрационное воздействие минимально.
- b) При наличии выбора между различными инструментами (с дополнительными приспособлениями) использовать тот, который создает минимальную вибрацию.
- c) Техническое обслуживание оборудования должно проводиться в соответствии со всеми предписаниями изготовителя.
- d) Следует предусмотреть меры, препятствующие попаданию жидкости или газа от работающего инструмента на руки оператора.
- e) При работе на холоде по возможности следует обеспечить прогрев рукояток ручного инструмента.
- f) Не следует применять инструменты с рукоятками такой формы, которая приводит к сильному натяжению кожи ладони в месте контакта.
- g) При наличии выбора следует использовать те инструменты, которые требуют приложения минимальных сил (нажатия и обхвата) в месте контакта.
- h) Масса ручного инструмента должна быть по возможности минимальна, при условии, что это не приведет к росту других параметров, таких как уровень вибрации или прилагаемые силы в месте контакта.

Хотя антивибрационные перчатки обычно нельзя рассматривать как достаточное средство защиты, их применение рекомендуется, если установлено, что такие перчатки обеспечивают снижение передаваемой на руки оператора воздействий в диапазоне частот действия вибрации (см. [2]).

Е.3 Административные решения, направленные на снижения воздействия локальной вибрации

Рекомендуются следующие мероприятия.

- a) Следует проводить обучение, позволяющее научить рабочих правильному обращению с оборудованием.
- b) Предполагается, что риск появления вибрационной болезни уменьшается, если не допускать непрерывного воздействия вибрации в течение длительного периода времени, поэтому рабочий день должен быть спланирован таким образом, чтобы в нем были предусмотрены периоды, когда рабочий не испытывает воздействия вибрации.
- c) Должны быть предусмотрены все условия, препятствующие переохлаждению работающих.

Е.4 Рекомендации для лиц, работающих с вибрирующими инструментами

Работающим рекомендуется выполнять следующие советы:

- a) Дать инструменту возможность работать при минимально возможном усилии обхвата, при условии, что это не ухудшит управляемость инструментом и не противоречит требованиям безопасности.¹⁾
- b) В случае появления повышенной вибрации сообщать об этом лицу, который должен осуществлять контроль за выполнением работ.
- c) Носить соответствующую одежду и перчатки, позволяющие сохранять телу тепло и держать руки сухими, особенно в процессе работы с виброопасным инструментом.
- d) Избегать курения и употребления нюхательного табака или свести его до минимума как до, так и в процессе работы с виброопасным инструментом, поскольку никотин снижает кровообращение в кистях и пальцах рук.
- e) В случае побеления или посинения пальцев рук, а также в случаях их продолжительного непрекращающегося покалывания или онемения обращаться к врачу.

¹⁾ В некоторых случаях повышение сил обхвата и нажатия приводит к уменьшению измеряемого виброускорения, хотя с точки зрения вибрационной безопасности это не всегда может быть выгодным.

Приложение F (справочное)

Руководство по представлению дополнительной информации

F.1 Введение

В соответствии с настоящим стандартом основными величинами, используемыми в настоящее время для определения степени опасности воздействия локальной вибрации являются a_{hv} и $A(8)$. Однако еще не совсем ясно, как именно различные параметры вибрации связаны с нарушениями здоровья. Возможно, с ростом знаний в этой области метод оценки будет несколько изменен, например, в отношении вида частотной коррекции, частотного диапазона измерений, зависимости от времени и обработки сигналов многокомпонентной вибрации. Возможно также, что потребуется определить разные методы анализа для разных видов воздействия локальной вибрации.

С тем чтобы обеспечить максимальную ценность дальнейших измерений с использованием настоящего стандарта и возможное пополнение знаний о влиянии локальной вибрации на человека, рекомендуется при проведении измерений и оценке воздействия вибрации регистрировать дополнительную информацию. Руководство по сбору и регистрации дополнительных сведений приведено в настоящем приложении.

F.2 Источники вибрации и работа инструмента

Рекомендуется давать точное описание инструмента, его типа, срока службы, массы, размеров и состояния. Вибрационные характеристики вибрирующего инструмента могут быть самыми разными. Поэтому важно сохранять информацию для всех возможных вибрационных состояний данного инструмента, определяемых разнообразием обрабатываемых деталей и материалов, рабочих условий, методов применения инструмента и характером его использования (чередование периодов работы и простоя).

Следует также регистрировать положения и ориентации рук на вибрирующем инструменте или поверхности обрабатываемого изделия. Должна быть описана поза оператора, в частности положение его рук.

По-видимому, вибрационная энергия, передаваемая на кисти рук, должна зависеть от сил, действующих в области их контакта с поверхностью в месте обхвата, хотя вид этой зависимости точно не известен. Возможно, что в дальнейшем стандарты в области вибрации будут требовать измерения таких сил. Поэтому, по возможности, силы контакта должны быть измерены или оценены.

Следует регистрировать, где возможно, факторы внешних воздействий на рабочем месте, такие как шум, температура, действие химических веществ.

Ф.3 Средства измерения

Настоящий стандарт предусматривает использование систем измерения и записи, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 12.4.012. Если требования настоящего стандарта превышены (например, по частотному диапазону), следует давать полное описание измерительной системы.

Следует подробно описывать положение и ориентацию датчиков на инструменте или детали, а также метод их крепления. Рекомендуется указывать общую массу датчика (датчиков) и крепежного приспособления.

Способ крепления акселерометра может оказать решающее влияние на частотную характеристику измерительной системы. Важно убедиться, что все резонансные частоты установленного датчика лежат существенно выше верхней границы диапазона частот измерений (см. ГОСТ (ИСО 5349-2)).

Ф.4 Направления действия вибрации

В соответствии с настоящим стандартом измерения должны быть проведены и зафиксированы отдельно по каждому из трех направлений x , y и z . Желательно сохранять записи результатов измерений по всем трем осям (включая средние квадратические значения скорректированного виброускорения, спектры частот и временные записи сигнала, если такие измерения проводились).

Примечание – Сохранение результатов измерений по каждому из направлений действия вибрации целесообразно по следующим причинам:

- а) некоторые рекомендуемые методы оценивания основаны на значении полной вибрации, однако некоторые другие используют измерения вибрации в том направлении, где она максимальна;

- b) вопрос зависимости влияния направления, в котором действует вибрация, на состояние здоровья еще полностью не изучен.

F.5 Запись вибросигналов

По возможности следует осуществить и сохранить записи сигналов виброускорения. Ценность этих записей будет ограничена, если при этом не указать диапазон измеряемой вибрации и характеристики полосовых фильтров.

Примечание – Сохранение записей сигналов виброускорения целесообразно по следующим причинам:

- a) дает возможность обнаружить некоторые недостатки измерений (например, сдвиг нуля, перегрузку измерительной аппаратуры);
- b) к одним и тем же данным могут быть применены разные методы частотного анализа;
- c) вычисление среднего квадратического значения, как этого требует настоящий стандарт, может оказаться не самым оптимальным решением; если сохранена запись вибросигнала, это даст возможность получить значения других характеристик (например, пиковое значение ускорения, усредненную характеристику четвертой степени виброускорения);
- d) для оценки воздействия импульсной вибрации (вызываемой, например, инструментами ударного действия) могут оказаться более подходящими другие методы, включающие, например, измерение пик-фактора; в настоящий момент соглашение о стандартизации таких методов анализа пока не достигнуто.

F.6 Частотный анализ

Помимо получения скорректированной по частоте характеристики желательно иметь исходные данные для средних квадратических значений (невзвешенных) виброускорения в третьоктавных полосах по всему диапазону частот измерительной системы.

Кроме того, полезным способом визуального контроля данных с целью оценки частотного состава и выявления различных недостатков измерений является измерение спектральных составляющих в полосах постоянной ширины (например, изме-

рение спектральной плотности мощности). (При измерении спектра мощности важно указывать, какое разрешение по частоте было использовано.)

Примечание – Частотный анализ желателен по следующим причинам:

- a) упрощает проведение последующего повторного анализа с использованием данных измерений в третьоктавных полосах и других форм кривой частотной коррекции (Это особенно полезно, если не сохраняется исходная запись вибросигнала.);
- b) спектральная информация (в частности, полученная при анализе в полосах постоянной ширины) может быть полезна для выявления недостатков измерений: перегрузки или сдвига нуля (хорошо видны по специфической форме низкочастотного участка спектра), а также проблем, связанных с креплением датчика (хорошо видны на высоких частотах);
- c) узкополосный анализ может помочь при выявлении причин возникновения вибрации и тем самым даст возможность инженерному персоналу устранить повышенную вибрацию на некоторых частотах.

F.7 Диапазон частот

Хотя кривая частотной коррекции W_h определена только в пределах заданного диапазона частот, если в процессе измерений предполагается сохранять записи вибросигнала и данные частотного анализа, то рекомендуется, чтобы диапазон частот измерений был по возможности большим. Однако при этом могут возникнуть сложности на частотах выше 1000 Гц, связанные с частотной характеристикой установленного датчика вибрации; это требует проверки достоверности результатов измерения высокочастотной вибрации.

ПРИМЕЧАНИЕ Представление данных в расширенном частотном диапазоне желательно по тем причинам, что некоторые исследователи видят большую важность составляющих на частотах свыше 1400 Гц, особенно для импульсной вибрации, чем это предполагается в настоящем стандарте.

Приложение G

(справочное)

Библиография

- [1] ИСО 8727-97 Вибрация и удар. Воздействие на человека. Биодинамическая система координат.
- [2] ГОСТ Р ИСО 10819-99, Вибрация и удар. Метод измерения и оценки передаточной функции перчаток в области ладони.

УДК 534.322.3.08:006.354

МКС 17.160

Т34

ОКСТУ 0011

Ключевые слова: вибрация, локальная вибрация, воздействие на человека, профессиональные заболевания, вибрационная болезнь, суточное воздействие вибрации

Отв. секретарь ТК 183

И.Р.Шайняк