

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ ТРУДА

И. П. СЕМЁНОВ, И. А. КУРАШ

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2018

УДК 613.644(075.8)
ББК 51.24я73
С30

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 21.06.2017 г., протокол № 10

Рецензенты: канд. мед. наук, доц. Н. Л. Бацукова; канд. мед. наук, доц. В. И. Дорошевич

Семёнов, И. П.

С30 Производственная вибрация : учебно-методическое пособие / И. П. Семёнов, И. А. Кураш. – Минск : БГМУ, 2018. – 52 с.

ISBN 978-985-567-967-8.

Содержит материалы о влиянии вибрации на состояние здоровья работников, методах гигиенической оценки и проведения измерений вибрации, приводятся принципы оценки результатов измерений нормируемых параметров и основные направления профилактики неблагоприятного воздействия вибрации в производственных условиях.

Предназначено для студентов 5–6-го курсов медико-профилактического факультета.

УДК 613.644(075.8)
ББК 51.24я73

Учебное издание

Семёнов Игорь Павлович
Кураш Ирина Александровна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск И. П. Семёнов
Редактор Н. В. Оношко
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 16.02.18. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 90 экз. Заказ 113.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-567-967-8

© Семёнов И. П., Кураш И. А., 2018
© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2018

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Вибрация как вредный фактор производственной среды имеет широкое распространение во всех отраслях народного хозяйства Республики Беларусь.

Повышение производительности технологического оборудования и механизированного инструмента приводит к увеличению интенсивности вибрации, а широкая механизация ручного труда в сельском хозяйстве, строительстве, горнодобывающей и обрабатывающей отраслях промышленности обуславливает увеличение численности работающих контингентов, подвергающихся вибрационному воздействию. Все это свидетельствует о большом гигиеническом, социальном и экономическом значении проблемы неблагоприятного действия производственной вибрации и об актуальности разработки и внедрения оздоровительных мероприятий.

Цель занятия: освоить методику измерения и гигиенической оценки производственной вибрации, научиться определять и разрабатывать приоритетные мероприятия по профилактике вибрационной патологии.

Задачи занятия:

1. Ознакомиться с физической и физиолого-гигиенической характеристикой вибрации как неблагоприятного фактора производственной среды.
2. Усвоить классификации производственной вибрации.
3. Изучить методы гигиенической оценки производственной вибрации и принципы оценки результатов измерений нормируемых параметров.
4. Усвоить методику измерения производственной вибрации.
5. Научиться проводить гигиеническую оценку условий труда при работе с воздействием производственной вибрации и разрабатывать основные мероприятия по снижению неблагоприятного действия на организм работников.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного освоения темы студентам необходимо повторить материал из курсов:

- медицинской и биологической физики — механические колебания и волны;
- профессиональных болезней — вибрационная болезнь, классификация, патогенез;
- общей гигиены — понятие о профессиональных вредностях и профессиональных заболеваниях, методы оценки производственной среды, профилактика заболеваний, связанных с воздействием физических факторов.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Механические колебания. Явление резонанса.
2. Гармонические колебания. Гармонический спектр сложного колебания.

3. Вредные и опасные производственные факторы.
4. Вибрационная болезнь, классификация, патогенез.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Медико-биологическое, социальное и экономическое значение проблемы неблагоприятного воздействия производственной вибрации на работников.
2. Классификации вибрации. Источники вибрации на производстве.
3. Основные параметры вибрации, принятые в гигиенической практике.
4. Особенности влияния вибрации на организм человека. Распространение вибрации по телу человека.
5. Гигиеническая оценка общей и локальной вибрации.
6. Методика проведения инструментальных измерений вибрации.
7. Гигиенические требования по обеспечению вибробезопасных условий труда.
8. Система мероприятий по профилактике вибрационной патологии.

ФИЗИЧЕСКАЯ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИБРАЦИИ

Вибрация (от лат. vibratio — колебание, дрожание) — механические колебания и волны в твердых телах. В тех случаях, когда колебания совершаются в слышимом диапазоне частот, вибрации называют звуковыми.

Простейшей формой вибрации является гармоническое, или синусоидальное, колебание, когда рассматриваемая точка тела смещается в заданном направлении от положения равновесия в зависимости от времени по синусоидальному закону.

Время, за которое точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебания** (T). Число полных колебаний за единицу времени называют **частотой колебания** (f). За единицу частоты — герц (Гц) — принимают одно колебание в секунду. Период и частота колебаний связаны между собой соотношением

$$T = \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Максимальное отклонение колеблющейся точки от положения устойчивого равновесия называется **амплитудой** (A), которая измеряется в метрах (м) или сантиметрах (см).

Вибрация может быть охарактеризована **виброперемещением**, выраженным также в линейных единицах (м, см). Амплитуда виброперемещения обозначается как Sa.

Вибрация как движение характеризуется **виброскоростью** и **виброускорением**. Виброскорость (V, м/с) является первой производной смеще-

ния по времени. Максимальное значение виброскорости колебательного движения равно:

$$V_{\max} = 2fA, \quad (2)$$

где V_{\max} — максимальное значение виброскорости, м/с; f — частота, Гц; A — амплитуда, см.

Виброускорение (W) — вторая производная смещения по времени. Его максимальное значение рассчитывают по формуле

$$W_{\max} = 4fA, \quad (3)$$

где W_{\max} — максимальное ускорение, м/с²; f — частота, Гц; A — амплитуда, см.

При совершении колебательных движений виброскорость, виброускорение и вибросмещение постоянно изменяются, повторяясь через определенные промежутки времени, поэтому описывать процесс текущими значениями параметров невозможно и в гигиенической практике о вибрации судят по среднеквадратическим значениям виброскорости, виброускорения и вибросмещения. Среднеквадратическое значение виброскорости (виброускорения, вибросмещения) — это квадратный корень из среднего по времени значения квадрата мгновенной виброскорости (виброускорения, вибросмещения) в заданной точке пространства за определенный интервал времени (определяют по формулам).

Вибрацию можно охарактеризовать и относительными величинами — логарифмическими уровнями колебаний, пропорциональных десятичному логарифму отношения оцениваемого и исходного (нулевого) значения виброскорости или виброускорения.

В гигиенической практике за нулевой уровень виброскорости и виброускорения принимают среднеквадратические значения колебательной скорости ($5 \cdot 10^{-8}$ м/с) и ускорения ($3 \cdot 10^{-4}$ м/с²), соответствующие стандартному порогу звукового давления, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па (порог слышимости).

Логарифмический уровень виброскорости (L_v , дБ) определяют по формуле

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \quad (4)$$

где V — значение виброскорости, м/с; V_0 — опорное (нулевое) значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Логарифмический уровень виброускорения (L_w , дБ) определяют по аналогичной формуле

$$L_w = 20 \lg \frac{W}{W_0}, \quad (5)$$

где W — значение виброускорения, м/с²; W_0 — опорное (нулевое) значение виброускорения, равное $3 \cdot 10^{-4}$ м/с².

В производственных условиях редко наблюдаются простые гармонические колебания. Чаще возникают сложные (апериодические) колебания, которые с помощью гармонического анализа могут быть представлены в виде суммы гармонических колебаний — они и подвергаются спектральному анализу для определения совокупности соответствующих гармонических составляющих значений колеблющейся величины.

Спектральный (частотный) анализ вибрации проводят в октавных или третьоктавных полосах частот. *Октавной полосой* называется такая полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно 2. *Третьоктавная полоса* — это полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно $2^{1/3}$. Каждую полосу характеризуют *среднегеометрической частотой*, представляющей собой квадратный корень из произведения пограничных частот полосы; на этой частоте проводят измерение нормируемых параметров.

КЛАССИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Производственная вибрация классифицируется по ряду признаков:

- по способу передачи на человека;
- по источнику возникновения;
- по месту действия (только общая технологическая вибрация);
- по временным характеристикам;
- по характеру спектра;
- по частотному составу;
- по направлению действия и т. д.

По способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источником) производственная вибрация подразделяется на общую и локальную.

Общая вибрация — это вибрация, передающаяся на тело стоящего или сидящего человека через опорные поверхности (пол, сиденье и т. д.).

Локальная вибрация — вибрация, передающаяся через руки человека, воздействующая на ноги сидящего человека или предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

В зависимости **от источника возникновения** *общая вибрация* подразделяется:

– на *общую вибрацию 1-й категории* — транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, сельскохозяйственным угодьям и дорогам (в том числе при их строительстве);

– *общую вибрацию 2-й категории* — транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производ-

ственных помещений, промышленных площадок, горных выработок, а также на рабочих местах водителей легковых автомобилей и автобусов;

– *общую вибрацию 3-й категории* — технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин (станков) или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Локальная вибрация в зависимости от источника возникновения подразделяется на передающуюся:

– от ручных машин с двигателем или ручного механизированного инструмента;

– органов управления автомобилей, автобусов и троллейбусов;

– органов управления машин и оборудования;

– ручных инструментов без двигателей и обрабатываемых деталей.

Общую вибрацию 3-й категории *по месту действия* подразделяют на следующие типы:

– тип «а» — на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

– тип «б» — на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других вспомогательных производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

– тип «в» — на рабочих местах в административных и служебных помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда.

По временным характеристикам как общая, так и локальная вибрация подразделяется:

– на *постоянную*, для которой величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (до 6 дБ) за время наблюдения (рабочая смена) при измерении с постоянной времени 1 с;

– *непостоянную*, для которой величина нормируемых параметров изменяется более чем в 2 раза (более 6 дБ) за время наблюдения (рабочая смена) при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

– *колеблющуюся* во времени, для которой величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

– *прерывистую*, когда воздействие вибрации на человека прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых воздействует вибрация, составляет более 1 с;

– *импульсную*, состоящую из одного или нескольких вибрационных воздействий (ударов), каждый длительностью менее 1 с.

По характеру спектра общей и локальной вибрации выделяют:

– *узкополосную вибрацию* — со спектром частот, расположенным в узкой полосе, при этом уровень контролируемого параметра в одной третьоктавной полосе частот более чем на 15 дБ превышает значения в соседних третьоктавных полосах;

– *широкополосную вибрацию* — со спектром частот, расположенном в широкой полосе (шириной более одной октавы).

По частотному составу общая и локальная вибрации в зависимости от преобладания максимальных уровней подразделяются на *низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные* (табл. 1).

Таблица 1

Классификация вибрации по частотному составу

Вид вибрации	Максимальный уровень виброскорости и/или виброускорения в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц	
	Общая вибрация	Локальная вибрация
Низкочастотная	1–4	8–16
Среднечастотная	8–16	31,5–63
Высокочастотная	31,5–63	125–1000

По направлению действия общая вибрация (рис. 1) подразделяется на действующую вдоль осей ортогональной системы координат X_0 , Y_0 , Z_0 (анатомические оси человеческого тела), где ось X_0 (проходит от спины к груди) и Y_0 (от правого плеча к левому) — горизонтальные, направленные параллельно опорным поверхностям; ось Z_0 — вертикальная, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т. п.

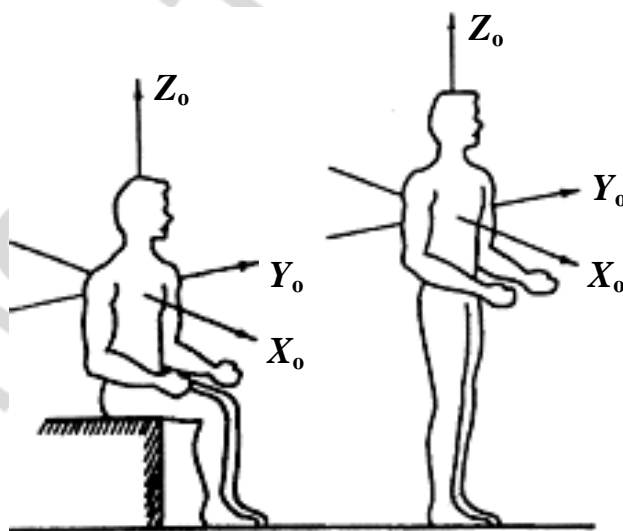


Рис. 1. Направления осей действия общей вибрации

Локальная вибрация (рис. 2) по направлению действия подразделяется на действующую вдоль осей ортогональной системы координат $X_{л}$, $Y_{л}$,

$Z_{л}$, в которой ось $X_{л}$ совпадает или направлена параллельно оси места охвата источника вибрации (рукоятки, ложементы, рулевого колеса, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия), а ось $Z_{л}$ лежит в плоскости, образованной осью $X_{л}$ и направлением приложения силы или подачи обрабатываемого изделия (или осью предплечья, когда сила не прикладывается). Ось $Y_{л}$ направлена от ладони.

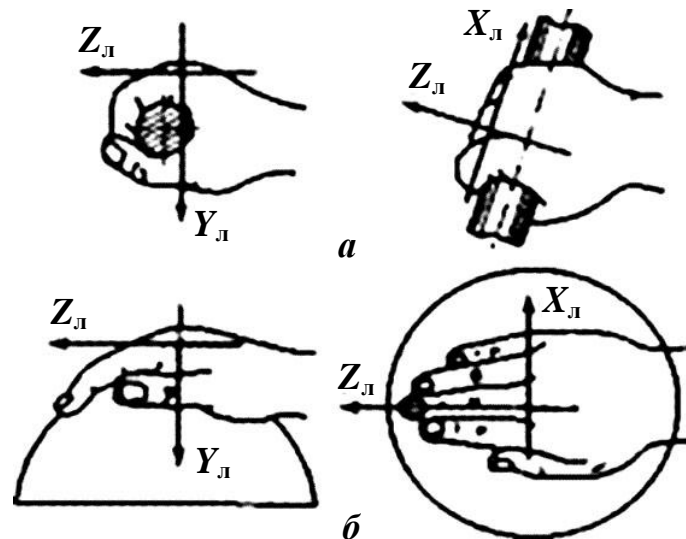


Рис. 2. Направления осей действия локальной вибрации

ИСТОЧНИКИ ВИБРАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Вибрационные машины (рабочему органу сообщается колебательное движение) широко распространены в народном хозяйстве (прил. 1). К средствам вибрационной техники относятся вибрационные машины, вибрационные стенды, приборы, аппараты и другие устройства с преднамеренным возбуждением вибрации для выполнения полезных функций (полезная вибрация). Полезная вибрация может стать вредной при превышении гигиенических нормативов, а также к вредной относится такая вибрация, которая генерируется непреднамеренно: возникает при работе транспортных средств, работе двигателей, турбин и других машин. Вредная вибрация, длительно и систематически воздействуя в производственных условиях, может: оказывать неблагоприятное действие на организм человека; приводить к нарушению режима работы; способствовать разрушению технических устройств.

Основными источниками общей транспортной вибрации являются сельскохозяйственные и промышленные тракторы, самоходные сельскохозяйственные машины, в том числе комбайны (рис. 3), автомобили грузовые (тягачи, скреперы, грейдеры, катки и т. д.), снегоочистители, самоходный горно-шахтный рельсовый транспорт и др.

Автогрейдеры (рис. 4) — самоходные колесные машины, которые применяются для профилирования земляных насыпей, перемещения и разравнивания грунтов и дорожно-строительных материалов при сооружении и ремонте грунтовых и усовершенствованных дорог, аэродромных покрытий, оросительных каналов и др. Похожие операции (срезание грунта, транспортировку и его разгрузку) выполняют скреперы (рабочий орган — ковш), которые нашли применение при планировочных работах в строительстве, горной промышленности.

В автодорожном, железнодорожном, промышленном, городском, гидротехническом строительстве широко используются различные виды дорожных катков (рис. 5) для уплотнения укатыванием грунтов, дорожных оснований и покрытий.



Рис. 3. Самоходные сельскохозяйственные машины

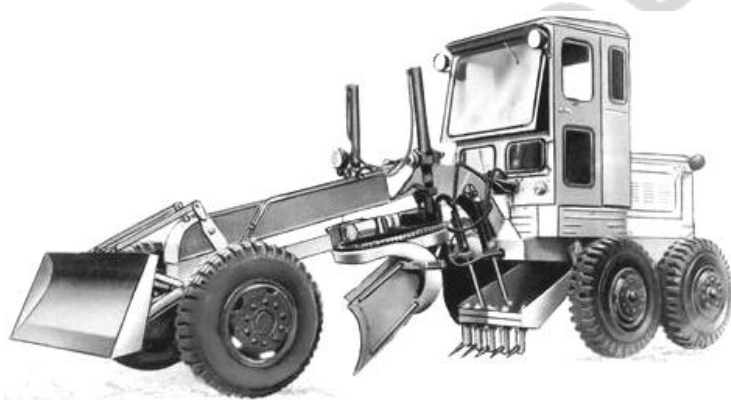


Рис. 4. Автогрейдер со сменным оборудованием бульдозера



Рис. 5. Дорожный каток с пневматическими шинами

Источником общей транспортно-технологической вибрации являются экскаваторы, строительные и промышленные краны, завалочные машины для загрузки мартеновских печей в металлургическом производстве, горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки, путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт, легковые автомобили и автобусы.

Экскаваторы — основной тип машин, предназначенных для разработки (копания) мягких горных пород (грунта), а также для погрузки их в транспортные средства.

Для приема и распределения бетонной смеси при производстве бетонных и железобетонных работ широко используются бетоноукладчики (рис. 6, 7). Они применяются при устройстве бетонных покрытий дорог, аэродромов, бетонных фундаментов, полов промышленных зданий, при изготовлении сборных железобетонных изделий.

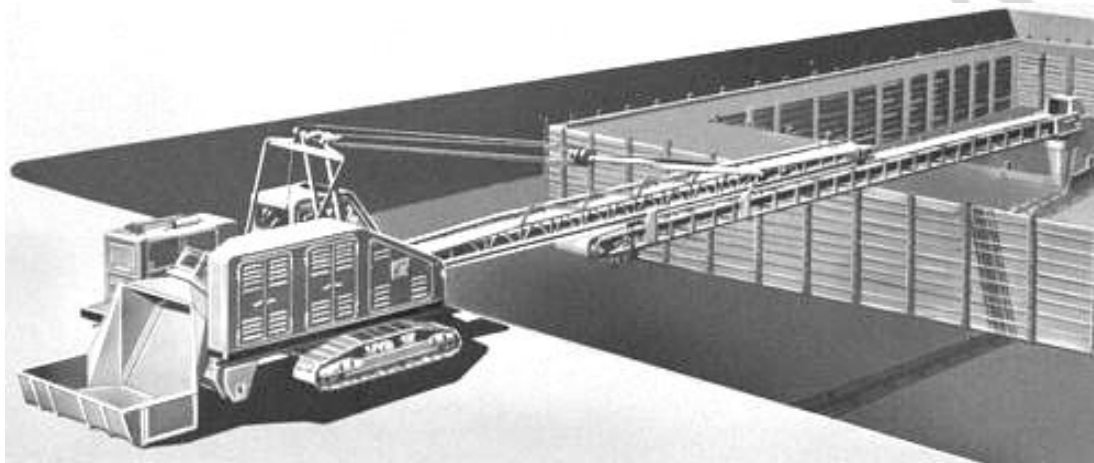


Рис. 6. Самоходный бетоноукладчик с ленточным транспортером



Рис. 7. Бетоноукладчик со скользящей формой для укладки плоских покрытий

В металлургии для загрузки в сталеплавильные агрегаты шихты (стального лома, руды, флюсов и др.) применяются завалочные машины. Напольные рельсовые завалочные машины устанавливаются в мартеновских цехах с печами большой емкости. Все узлы машины смонтированы на мосту, который передвигается по рельсам, уложенным на рабочей площадке печного пролета цеха (т. е. по специально подготовленной ограниченной поверхности или площадке) вдоль печей.

Большое количество разнообразных вибрационных машин и агрегатов, являющихся источником общей транспортно-технологической вибрации, применяется в горнорудной промышленности и при добыче полезных ископаемых, разведывательских и строительных работах. Горные комбайны являются комбинированными машинами для одновременного выполнения операций по отделению от массива полезного ископаемого или породы и погрузки их на транспортные средства. Наибольшее распространение горные комбайны получили в угольной промышленности, широко применяются и при добыче таких полезных ископаемых, как калийная и каменная соль, марганец, руды редкоземельных металлов и др.



Рис. 8. Проходческий (горный) комбайн EBZ 55

При проведении горных выработок и добычных работах в комплекс с самоходным забойным оборудованием входят шахтные погрузочные машины, предназначенные для погрузки полезных ископаемых и породы в транспортные средства в подземных условиях (рис. 9), буровые каретки и др.

Общая технологическая вибрация возникает при работе металло- и деревообрабатывающих станков, кузнечно-прессового оборудования, литейных машин, электрических машин, стационарных электрических установок, насосных агрегатов и вентиляторов, оборудования для бурения скважин, буровых станков, машин для животноводства, очистки и сортировки зерна (в том числе сушилок), оборудования промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установок химической и нефтехимической промышленности, установок вибрационного транспорта и др.

Широкое применение в литейном производстве нашли вибрационные решетки — устройства, на которых встряхивают залитые разовые песчаные литейные формы для их разрушения и отделения использованной формовочной смеси от затвердевших отливок (рис. 10). При выбивке формовочная смесь проваливается сквозь решетку и затем повторно используется, а отливки направляются на обработку и очистку. Решетка, на которую устанавливают литейные формы, приводится в движение пневматическими вибраторами или механическими приводами.

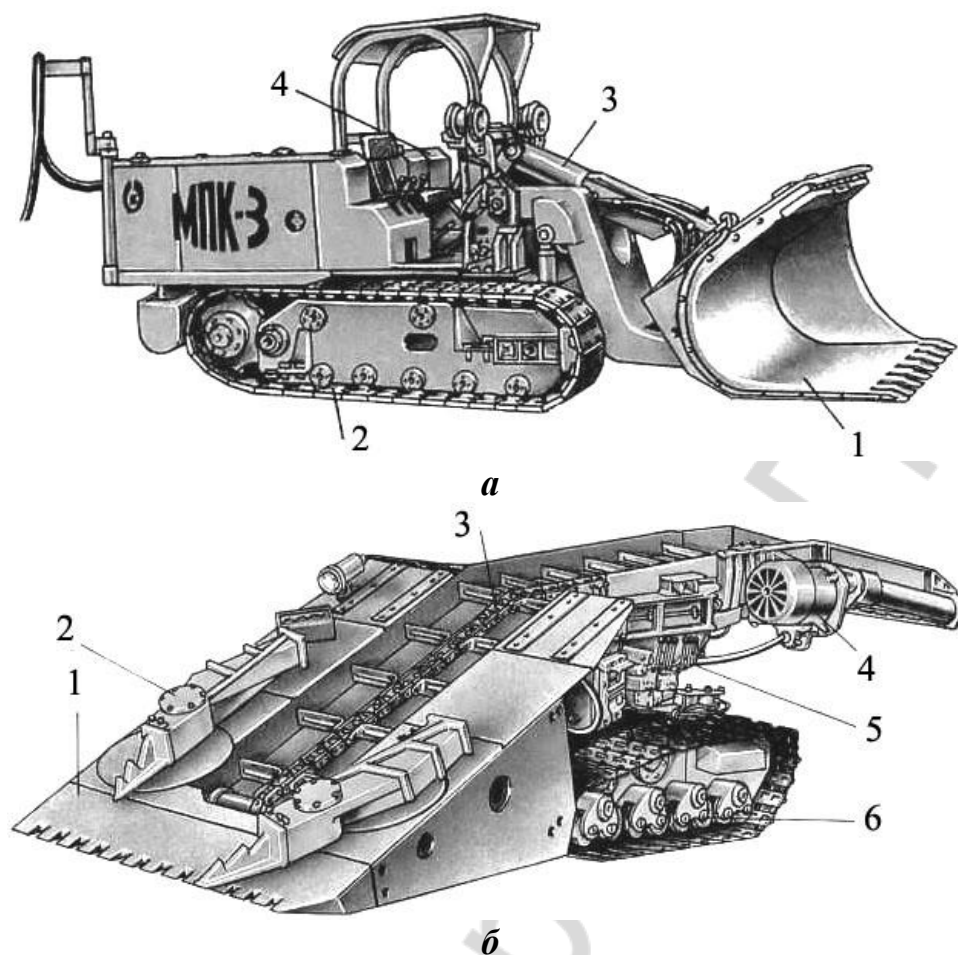


Рис. 9. Погрузочные машины:

a — МПК-3 с боковой разгрузкой ковша: 1 — ковш; 2 — гусеничная ходовая часть; 3 — гидроцилиндр подъема и поворота ковша; 4 — кабина управления;
б — 2ПНБ-2у: 1 — погрузочный стол; 2 — нагребные лапы; 3 — скребковый конвейер; 4 — привод скребкового конвейера; 5 — пульт управления; 6 — гусеничная ходовая часть

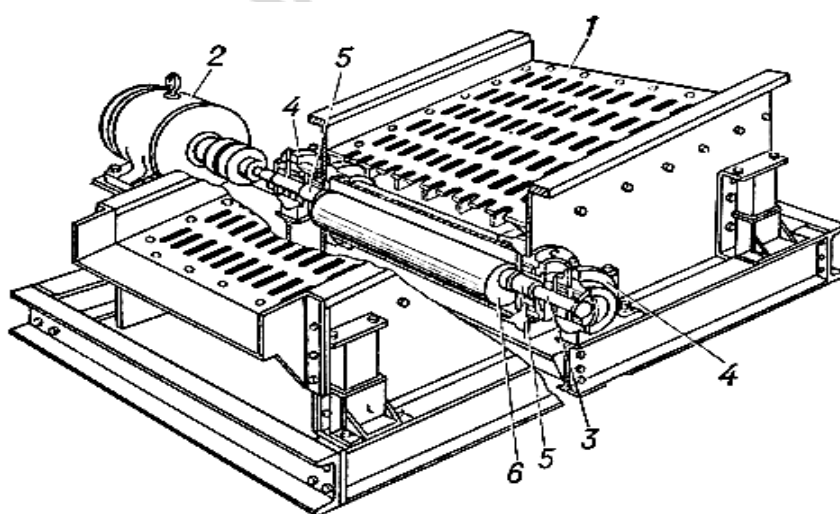


Рис. 10. Механическая эксцентриковая вибрационная решетка:

1 — решетка; 2 — электродвигатель; 3 — вал; 4 — подшипники; 5 и 6 — эксцентрики

Явление вибрации использовано в принципе работы буровых установок — комплексе оборудования для бурения скважин (рис. 11, 12).

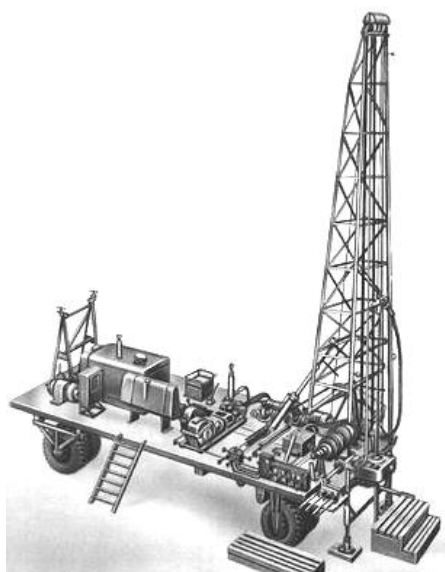


Рис. 11. Передвижная буровая установка для бурения геологоразведочных скважин

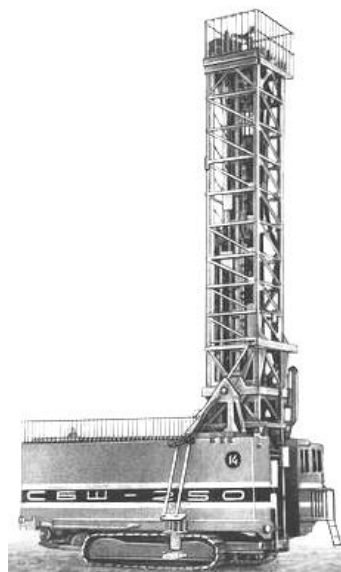


Рис. 12. Буровая карьерная установка

В промышленности и сельском хозяйстве широко применяется вибрационное транспортирование — процесс направленного перемещения сыпучих и кусковых материалов, пастообразных смесей и жидкостей, поддерживаемый вибрацией рабочих (грузонесущих) органов транспортирующих вибрационных машин. К средствам вибрационного транспорта относятся:

- вибрационные конвейеры, которые служат для перемещения зернистых, сыпучих и кусковых материалов (мука, цемент, зерно, песок и т. д.), заготовок и деталей на заводах, фабриках, мельницах, стройках, в шахтах, карьерах и т. д. (рис. 13);

- вибрационные насосы для подъема жидкостей (обычно воды) на небольшую высоту или перекачки агрессивных и загрязненных жидкостей;

- вибрационные питатели дозаторов различных материалов (используются в производстве строительных материалов, в металлургической, химической, пищевой, фармацевтической промышленности и др.);

- вибрационные бункеры (рис. 14), широко применяющиеся в приборостроении и общем машиностроении для подачи пространственно ориентированных заготовок и деталей в станки и технологические устройства (благодаря вибрации и наличию ориентирующих пластин, порогов, выточек и т. п.);

- вибрационные хоботы для подачи бетонной смеси из железнодорожных или иных бункеров в укладываемые массивы.

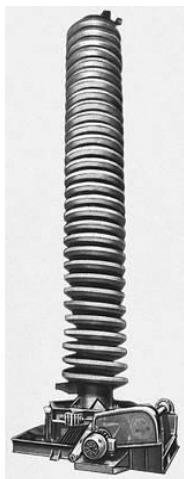


Рис. 13. Вибрационный конвейер-элеватор

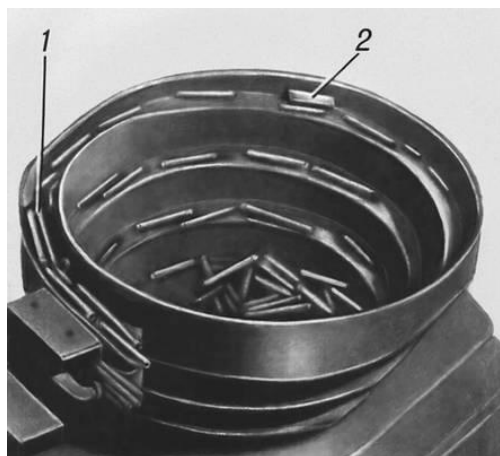


Рис. 14. Вибрационный бункер:
1 — заготовки; 2 — ориентирующий порог

Вибрационный транспорт может совмещаться с различными технологическими процессами. Так, перемещение на вибрационных конвейерах материалов может сочетаться с их с охлаждением, подогревом, сушкой и перемешиванием. Разделение на фракции угля, руд, щебня совмещается с их обезвоживанием на вибрационных грохотах (рис. 15) — одном из основных видов технологического оборудования дробильно-сортировочных заводов и обогатительных фабрик.

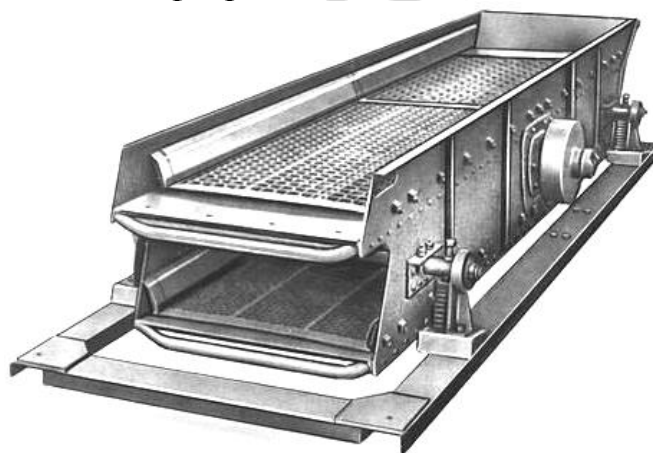


Рис. 15. Вибрационный двухситный грохот

Источниками локальной вибрации, передающейся на руки работающего, являются ручные машины, ручные механизированные и немеханизированные инструменты, генерирующие вибрацию, обрабатываемые поверхности и детали, удерживаемые в руках, ручные приспособления, органы ручного управления, стационарное оборудование с ручной подачей обрабатываемых деталей.

Ручные машины (механизированный инструмент) — группа технологических машин со встроенными двигателями, при работе которых их вес

полностью или частично воспринимается руками оператора, производящего подачу и управление машиной. По назначению различают несколько сотен видов ручных машин, которые в соответствии с классификацией делятся на самостоятельные группы.

Сверлильные машины предназначены для образования отверстий в металлических, деревянных и других материалах и заготовках. По исполнению делятся на несколько видов. Сверлильные ручные машины (рис. 16) при оснащении специализированным инструментом или насадками используются для зачистки, резки, шлифовки, распиловки, фрезерования и других работ.

Шлифовальные машины (рис. 17) применяют для шлифовки, зачистки и полировки разных материалов. Выделяют несколько групп по исполнению, виду обрабатываемого материала, рабочего инструмента и др. Многие модели шлифовальных машин оснащены пылеотсасывающими устройствами.



Рис. 16. Сверлильная ручная электрическая машина ударно-вращательного действия



Рис. 17. Прямая пневматическая шлифовальная машинка

Резьбозавертывающие машины предназначены для сборки резьбовых соединений. Широкое распространение при сборочных работах получили гайковерты (рис. 18), шуруповерты, шпильковерты, муфтоверты для завертывания и отвертывания винтов, шпилек, трубных муфт.



Рис. 18. Гайковерты ударные пневматические торцевые

Молотки и другие ручные инструменты ударного действия (например, клепальные, зачистные, рубильные машины) применяют при сборочных и металлообрабатывающих операциях, очистки металлических деталей от старой краски, ржавчины, окалины и др. В строительстве, горной и других отраслях промышленности для разрушения бетона, горных пород и т. п. используют отбойные молотки (рис. 19). Для образования отверстий в горных породах, бетоне, кирпиче и других материалах применяют перфораторы (рис. 20), рабочий инструмент которых не только совершает удар, но и вращается. К этой же группе относятся гвоздезабивные, скобозабивные и другие ручные машины.



Рис. 19. Работа с отбойным молотком



Рис. 20. Работа с перфоратором

Фрезерные машины используют для образования пазов, гнезд, различных углублений в металлических, деревянных, пластмассовых и других изделиях. К этой группе машин относятся рубанки (рис. 21), долбежники, шаберы и т. д.

Ножницы (рис. 22) предназначены для прямолинейной и фигурной резки листового материала из стали, сплавов цветных металлов, пластмасс, резины и т. п. Применяются на сборочных, ремонтно-монтажных, санитарно-технических и кровельных работах. Различают четыре типа ножниц: ножевые, вырубные, дисковые и рычажные.

Пилы (рис. 23) используются для резания древесины, пластмасс, мягких строительных материалов, металлического проката, арматуры, труб и т. д. Пилы бывают дисковые, цепные и др.

Ручные инструменты относятся к *вибрирующим*, если они генерируют вибрацию, уровни которой составляют не менее 25 % от предельно допустимых уровней (ПДУ), установленных техническими нормативными актами Республики Беларусь. Ручные инструменты, генерирующие вибрацию, уровни которой превышают гигиенический норматив (т. е. ПДУ), называются *виброопасными*.



Рис. 21. Электрический ручной рубанок



Рис. 22. Электрические вырубные ножницы для резки металла



а



б

Рис. 23. Пилы ручные:
а — пила бензиновая «Дружба-4»; *б* — пила дисковая

МЕТОДЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Гигиеническая оценка общей и локальной вибраций проводится одним из следующих методов в зависимости от ее временных характеристик. *Постоянная вибрация* оценивается:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра.

Непостоянная вибрация оценивается интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

При частотном (спектральном) анализе нормируемым параметром постоянной вибрации является среднее квадратическое значение виброскорости и виброускорения, измеряемые в октавных или третьоктавных полосах частот, или их логарифмические уровни (L_v , L_w). Эти параметры в практике государственного санитарного надзора измеряются виброметрами или в отдельных случаях могут быть рассчитаны по формулам (4) и (5). При этом методе оценки вибрации в нормируемом диапазоне частот для каждой частоты устанавливается значение ПДУ.

Метод интегральной оценки по частоте нормируемого параметра постоянной вибрации учитывает биологическую активность частоты, что выражается соответствующими весовыми коэффициентами для каждой частоты. Нормируемым параметром является скорректированное по частоте значение виброускорения или его логарифмический уровень. Это одночисловая характеристика вибрации, измеряемая виброметрами с помощью корректирующих фильтров или вычисляемая по формулам как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах с учетом весовых коэффициентов.

При интегральной оценке с учетом времени вибрационного воздействия непостоянной вибрации нормируемым параметром является эквивалентное (по энергии) скорректированное значение виброускорения или его логарифмический уровень. Эквивалентный (по энергии) скорректированный по частоте уровень виброускорения непостоянной вибрации — это скорректированный уровень виброускорения постоянной вибрации, которая имеет такое же среднее квадратическое скорректированное значение параметра, что и данная непостоянная вибрация в течение времени наблюдения. Эквивалентный скорректированный уровень измеряется с помощью интегрирующих виброметров или рассчитываются по формулам с учетом времени воздействия.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Гигиеническая оценка результатов лабораторных измерений производственной вибрации проводится с учетом следующих требований:

1. Вибрация, как физический процесс (колебание), характеризуется множеством показателей, но в практике гигиенической оценки из них используются не все. Те характеристики вибрации, которые подлежат количественной оценке (измерению), получили название *нормируемых параметров*.

Нормируемые параметры для производственной вибрации устанавливаются с учетом ее временных характеристик.

Для постоянной вибрации нормируемыми параметрами являются:

– средние квадратические значения виброскорости (м/с) и виброускорения (м/с²) в октавных либо третьоктавных полосах частот или их логарифмические уровни (дБ);

– скорректированное по частоте значение виброускорения (м/с²) или его логарифмический уровень (дБ).

Для непостоянной вибрации нормируемый параметр — это эквивалентное по энергии скорректированное по частоте значение виброускорения (м/с²) или его логарифмический уровень (дБ).

Нормируемый диапазон частот при оценке вибрации устанавливается с учетом ее вида и спектральной характеристики:

– общая широкополосная вибрация измеряется по основному ряду октавных полос со среднегеометрическими частотами от 1 до 63 Гц (1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0);

– общая узкополосная вибрация измеряется в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 0,8 до 80 Гц (0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0);

– локальная вибрация измеряется в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 8 до 1000 Гц (8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000).

2. Гигиеническим нормативом для нормируемых параметров вибрации является ПДУ.

Предельно допустимый уровень вибрации — уровень параметра вибрации, при котором ежедневная (кроме выходных дней) работа, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе трудовой деятельности или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

3. Величина ПДУ устанавливается с учетом:

– вида вибрации (общая или локальная), причем для общей с учетом категории (транспортная, транспортно-технологическая, технологическая), а для технологической — с учетом типа («а», «б» или «в»);

– направления действия (по осям);

– спектральной характеристики (для постоянной вибрации) — узкополосная или широкополосная.

4. Превышение гигиенического норматива (ПДУ) для производственной вибрации устанавливается по абсолютной разнице между фактическим значением нормируемого параметра и ПДУ.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Методика, по которой проводят измерения, содержит требования:

- к измерительной аппаратуре и погрешности измерений;
- способам и местам крепления вибродатчиков;
- выбору метода оценки и измеряемых параметров;
- условиям проведения измерений (режиму работы и техническому состоянию оборудования, необходимому числу измерений и времени регистрации измеряемых параметров);
- обработке и оформлению результатов исследований.

Измерительная аппаратура и погрешность измерений. Для измерения уровней параметров постоянной и непостоянной вибрации следует применять *виброизмерительный тракт*, состоящий из *акселерометра (вибродатчика), виброметра, набора частотных фильтров* (октавных, третьоктавных). Измерительный тракт должен обеспечить проведение измерений в октавных (широкополосная вибрация) или третьоктавных (узкополосная вибрация) полосах со среднегеометрическими частотами 0,8–80,0 Гц для общей и 6,3–1250,0 Гц для локальной вибрации.

Калибровка виброизмерительных трактов должна производиться до и после проведения серии измерений и охватывать весь измерительный тракт, включая акселерометр. Погрешность калибратора не должна превышать $\pm 0,5$ дБ.

Виброизмерительные тракты проходят государственную поверку в порядке, установленном действующими нормативными правовыми актами.



Рис. 24. Виброметр ОКТАВА-101ВМ для измерений общей и локальной вибрации

Способы и места крепления вибродатчиков (акселерометров). Вибродатчик должен крепиться способом, указанным в его заводской инструкции.

Установка вибродатчиков не должна оказывать влияния на характер вибрации объекта. Места установки вибродатчиков (т. е. точки контроля) должны располагаться на поверхности в местах, предназначенных для контакта с телом человека-оператора (на сидении, рабочей площадке, педалях и полу рабочей зоны оператора и обслуживающего персонала, в местах контакта рук оператора с рукоятками, рычагами управления и т. п.).

Для непостоянных рабочих мест или рабочих зон выбирается не менее трех точек контроля в местах наибольших колебаний.

В каждой точке контроля вибродатчик крепится на *ровной, гладкой посадочной поверхности*. Следует отдавать предпочтение жесткому креп-

лению с помощью винта, шпильки и т. д. по трем ортогональным направлениям (оси X , Y , Z). Желательно измерять вибрацию во всех трех направлениях одновременно. Допустимо проведение измерений последовательно по трем взаимно перпендикулярным направлениям, если рабочие условия от измерения к измерению останутся неизменными.

При измерении общей вибрации вибродатчик крепится к промежуточному жесткому (полужесткому) диску для измерения вибрации на сидении или к промежуточной платформе для измерения вибрации у ног стоящего работника (рис. 25).

При измерении локальной вибрации также предпочтительно крепление вибродатчика жестко на шпильку, резьбовое соединение (на ручных виброинструментах заводом-изготовителем может быть предусмотрена резьба для вибродатчика). Допускается крепление датчика на переходных элементах (адаптерах) — зажиме, хомуте, струбцине, рожке или планке (рис. 26) (в зависимости от конфигурации рукоятки), при этом их масса с вибродатчиком не должна превышать 10 % массы инструмента или обрабатываемой детали, а суммарная масса вибродатчика и адаптера не должна превышать 30 г.



Рис. 25. Посадочные поверхности для крепления вибродатчика для измерения общей вибрации:

a — промежуточная платформа; *б* — промежуточный жесткий диск

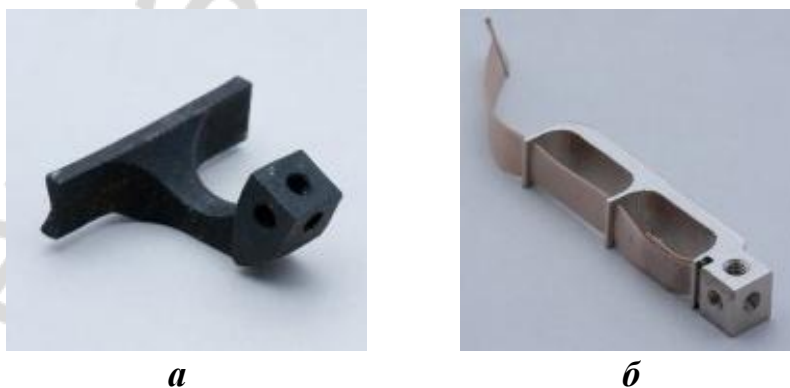


Рис. 26. Посадочные поверхности для крепления вибродатчика для измерения локальной вибрации:

a — адаптер-рожок; *б* — адаптер-планка

Выбор метода оценки и измеряемых параметров. Выбор метода оценки и измеряемых параметров проводится с учетом временных характеристик производственной вибрации, о чем писалось выше (см. стр. 18–19).

Условия проведения измерений. Измерение вибрации должно проводиться на исправных машинах, отвечающих правилам проведения работ. Машины или оборудование должны работать в паспортном или типовом технологическом режиме и при проведении реальных технологических операций.

Выбор типовых условий производят из наиболее распространенных (по времени или числу случаев) условий практического применения машины.

При контроле общей вибрации должны быть включены все источники, передающие вибрации на рабочее место.

Виброизмерительные тракты должны быть размещены так, чтобы обеспечить защиту от электрических, электромагнитных помех и др.

Время измерения вибрации и количество отсчетов зависит от временных характеристик вибрации и от ее вида: для локальной вибрации — не менее 1 минуты, для общей — не менее 3.

Обработка и оформление результатов исследований. Обработка результатов исследований проводится в зависимости от выбранного метода оценки производственной вибрации. Результаты измерений оформляют в виде протокола исследований (прил. 2), содержащего информацию в виде текстовой и графической части.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ НА ОРГАНИЗМ РАБОТНИКА

Воздействие производственной вибрации на организм человека может ограничиться только ощущением сотрясения, вызвать изменения в нервной, сердечно-сосудистой, опорно-двигательной и других системах организма, а также привести к развитию вибрационной болезни.

Результат действия вибрации на организм человека различен и зависит от следующего:

- основных характеристик вибрации (частоты, интенсивности и продолжительности воздействия);
- состояния организма работника (возраста, стажа, индивидуальной чувствительности и т. д.);
- наличия сопутствующих и усугубляющих факторов (статико-динамической нагрузки, низкой температуры воздуха, шума и др.).

В патогенезе развития нарушений от воздействия вибрации выделяют 3 звена:

1. *Локальное воздействие вибрации на соприкасающуюся с генератором вибрации часть тела.* Повреждению подвергаются кожа, подкожно-жировая клетчатка, кости, связки, сухожилия, суставы, кровеносные и лимфатические сосуды, рецепторный аппарат и периферические нервы. Данное воздействие обеспечивает локальные повреждения.

2. *Нервно-рефлекторное звено.* Вибрация воспринимается специфическими рецепторами, деформация которых приводит к генерации электрических (нервных) импульсов. Последние по периферическим нервам через сплетения, задние корешки спинномозговых нервов, восходящие пути спинного мозга, продолговатый мозг, варолиев мост, ножки мозга достигают таламуса, внутренней капсулы, лучистого венца и задней центральной извилины. Благодаря наличию корково-корковых, корково-подкорковых, корково-стволовых и кортико-гипоталамических связей эфферентная импульсация со всех этих образований мозга, в том числе и с сосудистого центра, располагающегося в продолговатом мозге, в обратном направлении достигает органа-мишени (руки, точки опоры), откуда поступает повышенная афферентная импульсация, что проявляется трофическими (вегетативными), чувствительными и двигательными нарушениями. Данное звено патогенеза обеспечивает также локальные проявления вибрационного поражения.

3. *Нейрогуморальное звено.* В ответную реакцию на воздействие вибрации включается неспецифическая гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система. При этом в кровь попадают биологически активные вещества, которые воздействуют на гладкомышечные клетки стенок кровеносных сосудов (за исключением вен и капилляров). Это приводит в начальном периоде к повышению тонуса кровеносных сосудов, их спастическому состоянию, ишемии, гипоксии, ацидозу, накоплению недоокисленных продуктов метаболизма, дистрофическим, а в дальнейшем деструктивным изменениям в различных тканях и органах, в большей мере в органах и системах с генотипически и/или фенотипически детерминированной повышенной уязвимостью, чувствительностью к ишемии и гипоксии, что приводит к нарушению их функции, появлению болезненных симптомов, синдромов и развитию болезни. Это звено патогенеза обуславливает как локальные, так и генерализованные проявления вибрационного воздействия. Поскольку в ответную реакцию организма на воздействие вибрации вовлекается гипоталамус, имеет место нарушение всех видов обмена веществ. Повышается активность альфа-1-адренорецепторов, что приводит к вазоконстрикции, снижается активность бета-2-адренорецепторов, которые обеспечивают вазодилатацию. Нарушается содержание простагландинов — уменьшается поступление и утилизация кисло-

рода в тканях. Повышается вязкость крови, нарушается микроциркуляция, повышается проницаемость сосудов. Кроме того, согласно гипотезе «сенсорного конфликта», длительное и интенсивное воздействие вибрации на организм приводит к формированию очага патологического возбуждения в срединных структурах головного мозга, что способствует стойкому и длительному течению патологического процесса, его прогрессированию.

Вибрация оказывает действие на большинство органов и систем организма человека.

У работников, подвергающихся действию вибрации, наблюдаются *периферические и/или церебральные ангиодистонические синдромы*. При воздействии локального вибрационного фактора достаточно часто можно наблюдать эпизодическое побеление пальцев (периферический ангиодистонический синдром), обычно возникающее под действием холода. Этот синдром (синдром белых, или «мертвых», пальцев) обусловлен временным прекращением циркуляции крови в пальцах рук.

В ряде случаев вместо побеления может наблюдаться резкий цианоз пальцев, или синдром синих пальцев, который развивается при перехождении ангиодистонии в выраженную *ангиогипотонию*.

Церебральный ангиодистонический синдром проявляется тупыми, давящими головными болями постоянного или перманентного характера без четкой локализации, приступами несистемного головокружения в виде нечеткости видения предметов, мельканием «мушек» перед глазами и повышенной утомляемостью. Данные жалобы усиливаются к концу рабочего дня, могут являться причинами снижения работоспособности, аварийной ситуации при работе на транспортных средствах, производственного травматизма.

Поражения *костно-мышечного аппарата* чаще наблюдаются у работников, контактирующих регулярно с локальной вибрацией. У работников, подвергающихся воздействию низкочастотной локальной вибрации, чаще встречаются периартрозы и артрозы лучезапястного и локтевого суставов, а также окостенения в местах крепления сухожилий (в основном у локтевого сустава). Костные дегенерации (кистовидные образования, эностозы, остеопороз, резорбция бугристых дистальных фаланг, потеря минеральной плотности костной ткани) чаще встречаются у работников, занятых в работе с инструментом, генерирующим вибрацию на средних и высоких частотах. С дегенерацией костной ткани можно связать местные болевые ощущения, появление опухолей, деформацию и ухудшение подвижности суставов, выявляющиеся у данной категории работников. Наиболее часто дегенеративные изменения наблюдаются в местах контакта с травмирующим фактором (кости кисти, предплечья), но были описаны случаи системного остеопороза, в частности тел позвонков.

Кроме поражений костной ткани, у работников, имеющих длительный стаж контакта с локальной вибрацией, может развиваться *миофибро-дистрофический синдром*. В мышцах предплечий, надлопаточной области возникают боли дергающего характера, отмечается утомляемость рук во время работы и появление болезненных тонических судорог в мелких мышцах кисти, вынуждающих временно прекращать работу. В мышцах предплечий (супинаторная группа) определяется тяжесть, в надлопаточных мышцах — крепитирующие локальные уплотнения, или миогелозы (узелки Шаде и Корнелиуса). Отдельные мышцы становятся дряблыми, гипотрофичными. Довольно часто снижается выносливость мышц к статическому усилию, реже — мышечная сила.

Воздействие вибрации на работников приводит к изменениям в *периферической и центральной нервной системе*.

Поражение периферической нервной системы проявляется снижением всех видов кожной чувствительности (тактильной, температурной, болевой), болью в конечностях (нередко локализующейся в области суставов) после работы и в ночное время, стихающей через 30–40 минут после начала работы, а также онемением и парестезией.

Поражение центральной нервной системы при воздействии вибрации может проявляться вегето-вестибулярным нарушением (головокружением, обычно в виде ощущения вращения окружающих предметов или собственного тела, часто сочетаемым с тошнотой, рвотой, нарушением координации, спонтанным нистагмом) и признаками энцефалополиневропатии (общей слабостью, повышенной раздражительностью, обидчивостью, плаксивостью, головными болями к концу рабочего дня, снижением умственной и общей работоспособности, нарушением сна), к которым присоединяются вегетативные проявления (лабильность артериального давления и пульса, повышенная потливость и др.), а позже и нарушения основных психических функций (внимания, памяти, мышления, интеллекта, речи).

Производственная вибрация оказывает влияние на репродуктивную систему (у мужчин не редки случаи возникновения эректильной дисфункции, связанной с застойными явлениями крови в малом тазу; у женщин отмечаются нарушения менструального цикла).

СИСТЕМА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Система профилактических мероприятий, направленных на предотвращение неблагоприятного влияния производственной вибрации на организм работника, включает *санитарно-гигиенические, технологические, санитарно-технические и медико-профилактические мероприятия*.

Санитарно-гигиенические мероприятия. Санитарно-гигиенические мероприятия играют первостепенную роль в системе профилактических мероприятий. Они включают в себя следующие основные направления:

- государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование, включающее разработку, экспертизу, утверждение, распространение технических нормативных правовых актов (санитарных норм и правил, гигиенических нормативов), устанавливающих санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда и производственным процессам с применением вибрирующего оборудования;

- государственный санитарный надзор за применением производственного оборудования, генерирующего вибрацию, а также за факторами, усугубляющими действие вибрации, и сопутствующими факторами;

- санитарно-гигиеническую экспертизу нового оборудования, являющегося источником вибрации;

- санитарно-гигиеническую экспертизу проектов промышленных предприятий, на которых имеет место воздействие вибрации на организм работников;

- проведение проверок промышленных предприятий и объектов с целью оценки выполнения требований законодательства, регламентирующего применение и воздействие производственной вибрации;

- социально-гигиенический мониторинг условий труда работников, подвергающихся воздействию производственной вибрации;

- оценку профессионального риска для здоровья при воздействии на работника производственной вибрации;

- проведение лабораторных измерений уровней вибрации на производстве;

- гигиеническое обучение и воспитание.

Технологические мероприятия. Данная группа мероприятий направлена на источник вибрации и осуществляется за счет изменения технических характеристик оборудования, генерирующего вибрацию, а также технологии производства.

Уменьшение вибрации в источнике ее образования может быть достигнуто путем уменьшения виброактивности (интенсивности), а также способности проводить вибрацию. Это достигается:

- разработкой и внедрением новых машин и оборудования с улучшенными вибрационными характеристиками;

- модернизацией выпускаемого вибрирующего оборудования путем изменения кинематической схемы или рабочего цикла; уравниванием масс, изменением массы жесткостей, уменьшением технологических допусков при изготовлении и сборке оборудования, применением материалов с большим внутренним трением и т. д.;

– уменьшением вибраций, передающихся человеку, за счет включения в конструкцию вибрирующего оборудования динамических виброгасителей, средств виброизоляции и вибропоглощения (пружинных и резиновых амортизаторов, прокладок, облицовки рукояток, сидений и других мест контакта виброоборудования с телом оператора, применения вибропоглощающих втулок и муфт, демпфирующих зажимов, поддержек с виброгашением и т. д.);

– уменьшением воздействия на работников сопутствующих и усугубляющих факторов путем изменения конструкции вибрирующего инструмента (изготовление рукояток оборудования из материала с коэффициентом теплопроводности не более $0,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ либо покрытие рукояток инструмента материалом с коэффициентом теплопередачи не более $5 \times 10^2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; в конструкциях пневматических ручных инструментов должен быть предусмотрен выхлоп в сторону от зоны дыхания и рук работающего; подогрев рукояток пневматического либо бензомоторного инструмента за счет нагрева сжатого воздуха или выхлопа отработанных газов, проходящих через рукоятки и т. д.);

– совершенствованием технологического трудового процесса за счет уменьшения числа операций и объема работ, выполняемых с применением вибрирующего оборудования (электрофизические и электрохимические способы обработки вместо штамповки, уплотнение прессованием вместо вибрационного, внедрение точного литья, газоплазменной резки вместо использования обрубки и др.), с постепенной заменой ручной обработки механизированными или автоматизированными технологическими процессами, в том числе с дистанционным управлением, применением робототехники.

Санитарно-технические мероприятия. Санитарно-технические мероприятия направлены на путь распространения вибрации и сопутствующих факторов, усугубляющих действие вибрации. Данная группа профилактических мероприятий по приоритетности проведения стоит после технологической и включает в себя использование средств коллективной и индивидуальной защиты.

Среди средств коллективной защиты от общей вибрации значимую роль играют архитектурно-планировочные или строительные мероприятия:

– размещение оборудования, генерирующего вибрацию (молоты, прессы, резаки гильотинного типа, штамповочные машины), в отдельных помещениях, зданиях;

– размещение вибрирующих агрегатов на отдельных фундаментах, виброизолированных от пола и других строительных конструкций;

– заполнение ниш в фундаментах, на которых размещается вибрирующее оборудование, материалами, резко отличимыми от изолируемых по волновому сопротивлению для снижения вибрации;

– использование «плавающего» пола (рис. 27).

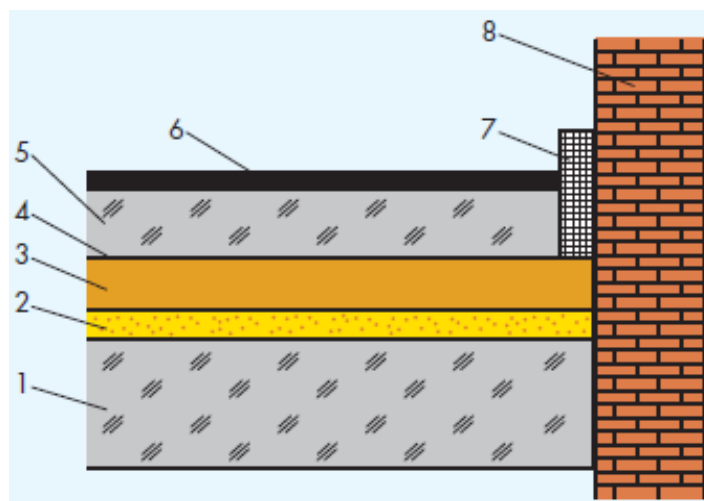


Рис. 27. Схема «плавающего» пола:

1 — плита перекрытия; 2 — стяжка; 3 — упругий слой; 4 — гидроизоляция; 5 — железобетонная плита (армированная стяжка); 6 — чистый пол; 7 — разделительный шов с уплотнителем, покрытым сверху нетвердеющей мастикой; 8 — конструкция здания (стена, опора и т. п.)

При воздействии вибрации в производственных условиях применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ) от локальной вибрации, общей вибрации, а также СИЗ от сопутствующих и усугубляющих действие вибрации факторов.

К СИЗ от воздействия локальной вибрации относятся антивибрационные рукавицы, перчатки трехпалые и пятипалые, полуперчатки и полурукавицы (средства индивидуальной защиты рук). Если вибрация — общая или локальная — передается на ноги, то используется специальная обувь с подошвой из виброгасящих материалов (средства индивидуальной защиты ног), прокладки, виброгасящие коврики (два слоя резины с прокладкой из войлока). Если общая вибрация передается через сидение на ягодичы человека, то используются демпфирующие прокладки, подушки.

При выборе СИЗ следует учитывать весь комплекс вредных производственных факторов, воздействующих на работников: вибрация, шум, воздушный ультразвук, параметры микроклимата, содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Медико-профилактические мероприятия. Комплекс медико-профилактических мероприятий включает в себя:

- проведение обязательных медицинских осмотров работников (предварительных, периодических, внеочередных);
- физиопрофилактические процедуры;
- профилактическое питание;
- санитарно-гигиеническую экспертизу режимов труда и отдыха работников виброопасных профессий.

К работе с вибрирующим оборудованием допускаются люди не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний для работы с ним (облитерирующие заболевания артерий, ангиоспазмы периферических сосудов (классифицированные по МКБ–10 в группу I70), хронические мононевропатии и полиневропатии (J59–J64), высокая и осложненная миопия (выше 8,0 Д) (H52.1), рецидивирующие невротические и соматоформные расстройства (F40–F48) и другие абсолютные противопоказания). Также следует учитывать, что поступление на работу, связанную с производственной вибрацией, превышающей гигиенические нормативы, в возрасте 45 лет и старше является фактором риска по развитию вибрационной болезни. Работники, контактирующие с производственным вибрационным фактором, должны проходить периодические и предварительные медицинские осмотры с обязательным исследованием вибрационной, болевой и слуховой чувствительности, холодовой пробы, термометрии кожи, динамометрии. Медицинские осмотры проводятся с учетом данных, полученных при комплексной гигиенической оценке и аттестации рабочих мест в соответствии с действующими нормативными правовыми актами.

Лицам, работающим в условиях воздействия вибрации, рекомендуется проведение комплекса физиопрофилактических процедур, включающего:

- комплекс производственной гимнастики;
- массаж;
- воздушный обогрев (с микромассажем и без него) и тепловые гидропроцедуры конечностей, контактирующих с вибрирующим оборудованием либо обрабатываемыми деталями.

Тепловые гидро- и воздушные процедуры для рук назначают с учетом характера воздействующей на работающих локальной вибрации и параметров микроклимата на рабочих местах (табл. 2).

Таблица 2

**Выбор процедур воздушного обогрева (с микромассажем и без него)
или тепловых гидропроцедур**

Особенности условий труда и организации трудового процесса	Спектр вибрации		
	низкочастотный	среднечастотный	высокочастотный
Производственный микроклимат на рабочих местах соответствует требованиям гигиенических нормативов	–	–	Тепловые гидропроцедуры
Работа в условиях охлаждающего микроклимата (общее и местное охлаждение)	Воздушный обогрев	Воздушный обогрев	Тепловые гидропроцедуры
Работа в условиях охлаждающего микроклимата (общее и местное охлаждение), смачивание рук	Воздушный обогрев	Воздушный обогрев с микромассажем	Воздушный обогрев с микромассажем

Тепловые гидропроцедуры для рук проводятся в виде местных ванн-душей и применяются для предупреждения спазма мелких кровеносных сосудов верхних конечностей, возникшего под воздействием высокочастотной вибрации (работа с шлифовальными, полировальными машинами и др.). Систематическое их применение способствует улучшению периферического кровообращения.

Процедура суховоздушного обогрева с микромассажем рук основана на активном воздействии на кисти рук теплого (38–40 °С) сжатого воздуха (давление 1,5 атм.) с одновременным массажем кожи элементами гранулированной загрузки (гранулы из плотного и легкого материала, например из полистирола, диаметром 2 мм).

Для улучшения кровообращения в периферических сосудах и питания мышц, снижения в них утомления, повышения их функциональной способности, восстановления нарушенного обмена в тканях всем работникам следует рекомендовать проведение массажа в виде самомассажа и/или взаимомассажа. Взаимомассаж целесообразно проводить во время регламентированных перерывов, а самомассаж в домашних условиях.

Работникам, занятым в контакте с производственной вибрацией, рекомендуется употреблять пищу богатую микронутриентами, являющимися природными протекторами сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, иммунной систем организма (прил. 3). При недостаточном содержании микронутриентов в фактическом питании работникам следует рекомендовать прием витаминов (В₁, С, никотиновой кислоты, поливитаминов) в дозах, не превышающих максимальную суточную потребность, и биологически активных добавок (препаратов растительного и животного происхождения или их синтетических аналогов), обладающих нейропротективным (лецитин, фосфотидилсерин, фосфотидилхолин, фолаты, инозитол, таурин, экстракты листьев гинкго (*Ginkgo biloba*), баранца пильчатого (*Huperzia Serrata* (гиперзин А)), индийского щитолистника (*Васора топпієгі*)), кардиопротективным и сосудопротективным действием (альфа-липоевая кислота в комбинации с L-карнитином, коэнзим Q10 (убихинон), комплекс омега-3-, омега-6-, омега-9-жирных кислот, экстракты косточек винограда (ресвератрол), боярышника, циннамона, чеснока). Для нормализации гормонального фона и общего состояния показано добавление к пище биологически активных добавок, содержащих корни и корневища, наземную часть лапчатки белой (*Potentilla alba*), экстракт горянки корейской (*Herba Epimedii koreani*), маки перуанской (*Lepidium meyenii*), а также трутневый расплод.

Режимы труда и отдыха работников виброопасных профессий разрабатываются службами охраны труда и утверждаются администрацией предприятия. При этом учитываются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, комплексной гигиенической оценки условий труда,

лабораторных измерений вибрации и сопутствующих и усугубляющих действие локальной вибрации факторов.

В режимах труда и отдыха работников, подвергающихся воздействию локальной вибрации, превышающей гигиенические нормативы, должны указываться: продолжительность и место в смене перерывов, суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, регулярность прерывания вибрационного воздействия, виды работ, которыми заняты работники вне контакта с производственной вибрацией.

В режимах труда и отдыха должны быть предусмотрены следующие виды перерывов:

- обязательные (регламентированные, обеденный) перерывы;
- необязательные (по результатам комплексной балльной оценки условий труда).

Место в смене и продолжительность обязательных перерывов должно строго соблюдаться:

- первый регламентированный перерыв продолжительностью 20 минут организуется через 1–2 часа после начала рабочей смены;
- обеденный перерыв продолжительностью 40 минут организуется, как правило, в середине рабочей смены;
- второй регламентированный перерыв продолжительностью 30 минут проводится через 2 часа после обеденного.

Режимы труда разрабатываются с учетом формы организации труда для рационального распределения производственной нагрузки: бригадная, индивидуальная, комплексная бригада с освоением смежных профессий и взаимозаменяемостью и др.

Суммарное допустимое время работы с виброопасным ручным инструментом устанавливается с учетом величины превышения гигиенических нормативов по вибрации и регулярности прерывания вибрационного воздействия (прил. 4).

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основные положения технических нормативных правовых актов (ТНПА), используемых в практике государственного санитарного надзора, регламентирующих требования к условиям труда работников, контактирующих с производственной вибрацией.

2. Представить в рабочей тетради в виде схемы классификации производственной вибрации.

3. Заполнить в рабочей тетради табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Гигиенические требования к силовым характеристикам
ручного виброинструмента**

Силовая характеристика	Единицы измерения	Требования ТНПА

Таблица 4

Гигиенические требования к конструкции рукояток виброинструментов

Характеристика рукоятки	Требования ТНПА

4. Зарисовать в рабочей тетради в виде схемы систему профилактических мероприятий с указанием содержания их групп (санитарно-гигиенических, технологических, санитарно-технических и медико-профилактических).

5. Решить ситуационные задачи с оформлением в рабочей тетради гигиенического заключения.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОБЩЕЙ ВИБРАЦИИ

Задача. При добыче калийных удобрений для измельчения и разрушения породы используются горные комбайны. Управление комбайнами осуществляют машинисты, рабочее место которых находится в кабине комбайна. При лабораторном контроле были измерены уровни виброускорения (дБ) на рабочем месте машиниста комбайна, результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Уровни виброускорения (дБ) на рабочем месте машинистов

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Сидение (ось Z)	64	63	60	60	54	59
Пол кабины (ось Z)	65	61	63	70	70	65

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.

2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение.

Решение. По данным, указанным в условии задачи, определяем вид, категорию и тип вибрации, ее временные характеристик и направление действия (ось); с учетом этих факторов из действующего технического нормативного правового акта в таблицу протокола (табл. 6) вносим значения ПДУ для нормируемого параметра и рассчитываем превышение (по абсолютной разности):

1) вид вибрации — общая;

2) категория общей вибрации — транспортно-технологическая (2-я категория);

- 3) по временным характеристикам — вибрация постоянная;
- 4) направление действия вибрации — ось Z;
- 5) оцениваемый нормируемый параметр — уровень виброускорения (дБ).

Таблица 6

Уровни виброускорения (дБ, ось Z) на рабочем месте машинистов

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
ПДУ	62	59	59	65	71	77
Сидение	64	63	60	60	54	59
Превышение ПДУ	2	4	1	–	–	–
Пол кабины	65	61	63	70	70	65
Превышение ПДУ	3	2	4	5	–	–

Санитарно-гигиеническое заключение. При проведении проверки условий труда машинистов горных комбайнов, занятых в добыче калийных удобрений, установлено, что проходческие горные комбайны являются источником общей постоянной вибрации 2-й категории — транспортно-технологической.

В ходе проверки выявлены следующие нарушения санитарных норм и правил/гигиенических нормативов (следует указать название и реквизиты утверждения ТНПА):

- уровни виброускорения, измеренные по оси Z на сидении кресла машиниста горного комбайна, превышают ПДУ на 1–4 дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 2 до 8 Гц с максимальным превышением на среднегеометрической частоте 4 Гц;

- уровни виброускорения, измеренные по оси Z на полу кабины горного комбайна, превышают ПДУ на 2–5 дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 2 до 16 Гц с максимальным превышением на среднегеометрической частоте 16 Гц.

Для снижения неблагоприятного воздействия общей вибрации на организм машиниста горного комбайна рекомендовано:

- использование амортизаторов (подрессоривание) кабины комбайна и кресла машиниста;

- обеспечить машиниста обувью с виброгасящей стелькой или подошвой;

- использование антивибрационного коврика на полу кабины;

- использование антивибрационной подушки на сидении кресла;

- прохождение периодических медицинских осмотров с обязательным исследованием вибрационной, болевой и слуховой чувствительности, холодовой пробы, термометрии кожи, динамометрии;

- выполнение комплекса производственной гимнастики.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ

Задача. При проверке соблюдения требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия работников машиностроительного завода было установлено, что в механическом цехе удаление грубых дефектов с поверхностей деталей производится с использованием двуручной пневмошлифмашины. Вес ручного инструмента составил 55 Н, усилие нажатия при обработке шва достигало 80 Н, усилие нажатия на пусковую кнопку — 8 Н. На рукоятках инструмента частично отсутствует покрытие из виброгасящего материала. Результаты измерений уровней виброскорости на рукоятке машины (по оси X) представлены в табл. 7.

Рабочие в течение смены имеют один 40-минутный обеденный перерыв в середине смены и два регламентированных — 25 минут через 2 часа от начала смены и 25 минут через 2 часа после обеденного перерыва. При хронометражных исследованиях было установлено, что непрерывное время работ за смену при зачистке швов составило 115 минут.

Таблица 7

Результаты измерения уровней виброскорости на рукоятке двуручной пневмошлифмашины

Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Уровни виброскорости, дБ, (ось X)	113	113	115	117	114	113	109

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда да шлифовщика.

Решение. По данным, указанным в условии задачи, определяем вид вибрации, ее временные характеристики и направление действия (ось); с учетом этих факторов из действующего технического нормативного правового акта в таблицу протокола (табл. 8) вносим значения ПДУ для нормируемого параметра и рассчитываем превышение (по абсолютной разности):

- 1) вид вибрация — локальная;
- 2) по временным характеристикам — вибрация постоянная;
- 3) направление действия — ось X;
- 4) оцениваемый нормируемый параметр — уровень виброскорости (дБ).

По действующему ТНПА проводим гигиеническую оценку силовых характеристик ручного инструмента (заполняем табл. 9).

Таблица 8

**Результаты измерения уровней виброскорости на рукоятке
двуручной пневмошлифмашинки**

Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Уровни виброскорости (дБ, ось X)	113	113	115	117	114	113	109
ПДУ (дБ)	115	109	109	109	109	109	109
Превышение ПДУ (дБ)	–	4	6	8	5	4	–

Таблица 9

Гигиеническая оценка силовых характеристик пневмошлифмашинки

Силовая характеристика	Фактическое значение, Н	Максимальное нормативное значение, Н	Отклонение от нормативного значения, Н
Вес инструмента	55	100	–
Усилие нажатия на двуручный инструмент	160	150	10
Усилие нажатия на пусковые механизмы	8	10	–

Санитарно-гигиеническое заключение. При проведении проверки соблюдения требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия работников машиностроительного завода было установлено, что в механическом цехе для удаления грубых дефектов с поверхностей деталей используются двуручные пневмошлифмашинки, которые являются источниками локальной постоянной вибрации. Время непрерывного воздействия локальной вибрации на шлифовщика составляет 115 минут за смену. Для работников разработан режим труда и отдыха, в котором предусмотрены обеденный (40 минут) и два регламентированных перерыва (каждый продолжительностью по 25 минут).

В ходе проверки выявлены следующие нарушения санитарных норм и правил/гигиенических нормативов (следует указать название и реквизиты утверждения действующего ТНПА):

– уровни виброскорости, измеренные по оси X, на рукоятке двуручной пневмошлифмашинки превышают ПДУ на 4–8 дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5–500 Гц с максимальным превышением на частоте 125 Гц;

– превышено на 10 Н максимальное нормативное значение усилия нажатия (150 Н), прилагаемое к пневмошлифмашинке для удаления дефектов;

– не соблюдены требования к режиму труда и отдыха; продолжительность первого регламентированного перерыва шлифовщиков должна составлять 20 минут, второго — 30 минут (фактически продолжитель-

ность первого и второго регламентированных перерывов составляет по 25 минут); превышено допустимое суммарное время (76 минут) непрерывной работы за смену с виброопасным инструментом на 39 минут;

– рукоятка пневмошлифмашины не покрыта виброгасящим материалом.

Для снижения неблагоприятного воздействия локальной вибрации на организм шлифовщиков механического цеха рекомендовано:

– привести инструмент в надлежащее техническое состояние и проводить работы в типовых условиях использования (о ненадлежащем техническом состоянии свидетельствует отсутствие виброизолирующего материала на рукоятке и превышение силы нажатия на инструмент при работе);

– обеспечить применение устройств специальной конструкции, позволяющих уменьшить усилие, прилагаемое для нажатия на инструмент при шлифовке деталей;

– обеспечить работника СИЗ рук от воздействия вибрации (антивибрационные перчатки, рукавицы);

– в режиме труда и отдыха предусмотреть регламентированные перерывы: первый — продолжительностью 20 минут через 1–2 часа после начала смены, второй — продолжительностью 30 минут через 2 часа после обеденного перерыва; сократить время непрерывного вибрационного воздействия до 76 минут за рабочую смену;

– прохождение периодических медицинских осмотров с обязательным исследованием вибрационной, болевой и слуховой чувствительности, холодовой пробы, термометрии кожи, динамометрии;

– выполнение комплекса производственной гимнастики.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1. Санитарной службой района проведена комплексная санитарно-гигиеническая проверка завода железобетонных изделий. При изучении условий труда установлено, что в формовочном цехе формование изделий происходит на виброплощадках, уровни виброскорости основных рабочих мест бетонщиков представлены в табл. 10.

Таблица 10

Результаты измерения уровней виброскорости на виброплощадке, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Ось Z	109	104	98	95	95	95

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 2. При изучении условий труда при добыче калийных удобрений установлено, что для бурения породы используются проходческие комбайны. Уровни виброскорости (дБ) на рабочем месте машинистов проходческих комбайнов представлены в табл. 11.

Таблица 11

Уровни виброскорости на рабочем месте машинистов, дБ

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Сидение (ось Z)	117	115	106	104	104	100
Пол кабины (ось Z)	112	110	105	96	99	99

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 3. При изучении условий труда бетонщиков формовочного цеха завода железобетонных изделий установлена следующая последовательность технологического процесса: подготовка форм, заполнение их бетонной смесью с последующим уплотнением смеси на виброплощадках, пропаривание в камерах, распалубка и извлечение готового изделия. При формовании изделий рабочие проводят разравнивание бетонной смеси лопатой, стоя на работающих виброплощадках. Интенсивность вибрации при разравнивании смеси бетонщиком представлена в табл. 12.

Таблица 12

Результаты измерений уровней виброскорости на виброплощадке, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Ось Z	102	99	93	95	106	100
Ось Y	100	98	90	87	90	90
Ось X	60	62	64	66	70	75

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 4. При изучении условий труда при добыче калийных удобрений установлено, что проходческие комбайны используются для вырубки и измельчения породы в забое. Уровни виброскорости (дБ) на рабочем месте машинистов представлены в табл. 13.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Таблица 13

Уровни виброскорости на рабочем месте машинистов, дБ

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Сидение (ось Z)	115	110	104	104	102	99
Пол кабины (ось Z)	117	111	107	103	105	103

Задача 5. Санитарно-эпидемиологической службой проведена проверка по соблюдению требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия работников сельскохозяйственного предприятия. Для уборки урожая на сельскохозяйственных угодьях используются комбайны. Уровни виброскорости на рабочих местах комбайнеров представлены в табл. 14.

Таблица 14

Уровни виброскорости на сидении кресла комбайна, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Ось X	116	117	116	118	119	114	109

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 6. При изучении условий труда бетонщиков формовочного цеха завода железобетонных изделий установлено, что при формовании изделий рабочие проводят разравнивание бетонной смеси лопатой, стоя на работающих виброплощадках. Интенсивность вибрации на рабочем месте бетонщика (виброплощадке) представлена в табл. 15.

Таблица 15

Уровни виброскорости на виброплощадке, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Ось Z	101	97	93	97	103	103
Ось Y	104	99	95	89	91	93
Ось X	61	61	65	67	71	72

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 7. Санитарно-эпидемиологической службой проведена проверка соблюдения требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия водителей снегоочистителей городского коммунального хозяйства. Установлено, что в процессе уборки

снега на водителей воздействует вибрация. Уровни виброускорения на рабочих местах водителей на сидении кабины снегоочистителя представлены в табл. 16.

Таблица 16

Уровни виброускорения на рабочем месте машинистов, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Ось Z	72	70	70	63	65	67	73

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 8. На участке очистки мелких деталей литейного цеха удаление неровностей с поверхности заготовок, образующихся при литье в песчаные формы, осуществляется с помощью абразивных шлифовальных дисков. Корректированный по частоте логарифмический уровень виброускорения, измеренный на месте контакта обрабатываемых деталей и рук работников по оси Z, составляет 83 дБ.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 9. В сборочном цехе машиностроительного предприятия применяются ручные одноручные гайковерты для соединения узлов машин. Вес гайковерта составляет 36 Н, усилие нажатия при обработке деталей достигает 40 Н, усилие нажатия на пусковые механизмы — 3 Н. Уровни виброскорости представлены в табл. 17.

Таблица 17

Результаты измерения уровней виброскорости на рукоятке машины, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	110	102	108	105	107	104	102

Суммарное время работы с гайковертом составляет 6 часов. В смене предусмотрен обеденный перерыв продолжительностью 40 минут.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 10. При изучении условий труда обрубщиков в литейном цехе машиностроительного завода установлено, что основная технологическая операция заключается в удалении дефектов с поверхности заготовок

с помощью двуручных пневматических молотков, вес которых составляет 80 Н, усилие нажатия при обработке деталей достигает 155 Н, усилие нажатия на пусковые механизмы — 8 Н. Числовые значения виброскорости представлены в табл. 18. На рукоятках имеются повреждения виброизоляционного покрытия.

Таблица 18

Результаты измерения уровней виброскорости на рукоятке молотка, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	112	115	115	116	113	110	107

Суммарное время работы вырубщика с молотком достигает 40 % смены. Уровень постоянного шума в цехе составляет 88 дБА. Рабочие в течение смены имеют один 50-минутный обеденный перерыв, регламентированные перерывы не предусмотрены.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 11. При изучении условий труда рабочих механического цеха машиностроительного завода установлено, что операция шлифовки заключается в удалении дефектов с поверхности заготовок с помощью одноручных шлифовальных машин дискового типа, вес которых составляет 35 Н, усилие нажатия при обработке деталей достигает 80 Н, усилие нажатия на пусковые механизмы — 4 Н. Данные измерений представлены в табл. 19.

Таблица 19

Результаты измерения уровней виброскорости на рукоятке виброшлифовальной машины, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	111	113	114	115	114	113	109

Рабочие в течение смены имеют один 40-минутный обеденный перерыв в середине смены и два регламентированных: 25 минут через 2 часа от начала смены и 25 минут через 2 часа после обеденного. Суммарное время работы с виброинструментом — 4,5 часа.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 12. На участке шлифовки сварных швов механического цеха удаление мелких неровностей с поверхности заготовок, образующихся

при сварке, осуществляется с помощью полировальной ручной машины. Корректированный по частоте логарифмический уровень виброускорения, измеренный на рукоятке полировальной машины по оси Z, составляет 91 дБ.

Рабочие в течение смены имеют один 35-минутный обеденный перерыв в середине смены и два регламентированных: 22 минуты через 1,5 часа от начала смены и 35 минут через 1,5 часа после обеденного. Суммарное время работы с виброинструментом — 4,5 часа.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 13. В холодный период года проведено изучение условий труда рабочих леспромхоза. При изучении условий труда вальщиков леса установлено, что работники используют двуручную бензопилу «Дружба-4», вес которой 123 Н. Работа выполняется стоя, при этом величина статического усилия, прилагаемого обеими руками, составляет 200 Н. Время работы с бензопилой составляет 1,5 часа, остальное — выполнение операций, не связанных с воздействием вибрации (погрузка и др.). В режиме труда предусмотрен 1 регламентированный перерыв через 2 часа после начала смены продолжительностью 20 минут и обеденный перерыв в середине смены продолжительностью 30 минут. Вибрационная характеристика бензопилы представлена в табл. 20.

Таблица 20

Уровни виброскорости на рукоятке бензопилы, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	90	92	117	118	114	108	100

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 14. При изучении условий труда рабочих механического цеха машиностроительного завода установлено, что для получения отверстий необходимого диаметра на заготовках деталей применяются ручные двуручные дрели.

Вес ручной машины составляет 85 Н, усилие нажатия при обработке деталей достигает 110 Н, усилие нажатия на пусковые механизмы — 4 Н. Машины не обеспечены виброзащитными изоляционными покрытиями рукояток. Результаты измерения виброскорости — в табл. 21.

Уровни виброскорости на рукоятке дрели, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	117	117	118	116	114	115	110

Рабочие в течение смены имеют один 40-минутный обеденный перерыв в середине смены и один регламентированный — 50 минут через 2 часа от начала смены. Суммарное время работы с виброинструментом — 4 часа.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

Задача 15. В сборочном цехе машиностроительного предприятия применяются ручные одноручные гайковерты для соединения узлов машин. Вес гайковерта составляет 41 Н, усилие нажатия при обработке деталей достигает 44 Н, усилие нажатия на пусковые механизмы — 4 Н. Результаты измерения виброскорости — в табл. 22.

Таблица 22

Уровни виброскорости на рукоятке инструмента, дБ

Направление вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						
	16	31,5	63	125	250	500	1000
Ось Z	111	108	109	109	111	109	110

Суммарное время работы с гайковертом составляет 6 часов. В смене предусмотрен обеденный перерыв — 40 минут и один регламентированный — 40 минут через 2 часа после начала смены. Суммарное время работы с виброинструментом 5 часов.

1. Оцените результаты лабораторных исследований вибрации.
2. Оформите санитарно-гигиеническое заключение по условиям труда и предложите систему профилактических мероприятий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. *Гигиена труда* : учеб. / под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 480 с.

Дополнительная

2. *Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий* : СанНиП, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 26.12.2013 № 132. Режим доступа : <http://minzdrav.gov.by>. Дата доступа : 03.03.2017.

3. *Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров при работах с источниками производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий* : гигиенический норматив, утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 26.12.2013 № 132. Режим доступа : <http://minzdrav.gov.by>. Дата доступа : 03.03.2017.

4. *Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ* : СанНиП 2.2.2.11-34-2002. Режим доступа : <http://minzdrav.gov.by>. Дата доступа : 28.01.2017.

5. *Вибрационная безопасность. Общие требования* : ГОСТ 12.1.012-2004. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда : ОАО «НИЦ КД». Москва : Стандартинформ, 2010. 20 с.

6. *Методы гигиенической оценки вибрации (транспортной, транспортно-технологической, технологической, локальной) в производственных условиях* : инструкция по применению № 013-1213, утв. Гл. гос. санитарным врачом Республики Беларусь 23.12.2013. Режим доступа : <http://www.rcherph.by>. Дата доступа : 28.01.2017.

7. *Медицинская профилактика вредного действия производственной вибрации* : инструкция по применению № 041-1215, утв. Гл. гос. санитарным врачом Республики Беларусь 16.12.2015. Режим доступа : <http://www.rcherph.by>. Дата доступа : 28.01.2017.

8. *Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений* : ГОСТ ИСО 8041-2006 : ОАО «НИЦ КД». Москва : Стандартинформ, 2008. 85 с.

9. *Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека* : в 4 ч. : ОАО «НИЦ КД». Москва : Стандартинформ, 2008. Ч. 1 : Общие требования : ГОСТ ИСО 31192.1-2004. 24 с. ; Ч. 2 : Требования к проведению измерений на рабочих местах : ГОСТ ИСО 31192.2-2005. 32 с.

10. *Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека* : в 2 ч. : ОАО «НИЦ КД». Москва : Стандартинформ, 2008. Ч. 1 : Общие требования : ГОСТ ИСО 31191.1-2004. 18 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН В НЕКОТОРЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Технологические процессы	Вибрационные машины
<i>Строительство, производство строительных материалов</i>	
Уплотнение бетонной смеси, грунта, дорожных покрытий, железобетонных изделий, формование	Виброкатки, виброплиты, виброплощадки
Погружение в грунт свай, шпунта, труб, обработка мерзлого грунта	Вибропогружатели, вибромолоты
<i>Машиностроение</i>	
Изготовление литейных форм и стержней, выбивка опок	Вибрационные решетки
Механическая (химико-механическая) обработка деталей и заготовок (удаление окалины, продуктов коррозии, заусениц, вибрационное резание, подготовка к гальваническому и лакокрасочному покрытиям)	Вибрационные камеры, вибраторы, вибрационные ножницы, вибрационные пилы
Наплавка цветных металлов и сплавов на сталь, чугун и др.	Вибродуговые установки
Питание автоматических станков ориентированными заготовками	Вибрационные бункеры
Межоперационный транспорт заготовок и деталей в автоматических линиях	Вибрационные конвейеры
Вибрационные испытания готовой продукции	Вибрационные стенды, калибровочные (татировочные) машины
<i>Горнодобывающая промышленность</i>	
Бурение, погрузка и доставка горной массы	Буровые вибраторы, виброгрохота
<i>Транспорт</i>	
Разгрузка слежавшихся, смерзшихся материалов, перемещение и подача сыпучих, пастообразных смесей, жидкостей	Вибрационные конвейеры, вибрационные насосы, дозаторы (весовые, объемные), вибрационные хоботы, грохота-конвейеры
<i>Пищевая промышленность и сельское хозяйство</i>	
Классификация по крупности сыпучих продуктов, перемещение пылящих продуктов (муки и т. д.)	Конвейеры-элеваторы, сепараторы, вибрационные решетки, вибрационные насосы
Кормление животных	Вибрационные кормушки
<i>Коммунальное хозяйство</i>	
Стирка, сушка белья	Стиральные машины, центрифуги
Скалывание уплотненного снега, льда с дорог	Снегоочистители

ФОРМА ПРОТОКОЛА ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ

ПРОТОКОЛ № _____
измерений вибрации

Место проведения измерений: _____

Адрес: _____

Дата и время измерений: _____

Цель измерения: _____

При измерениях присутствовали: _____

Технические нормативные правовые акты, в соответствии с которыми проводились измерения: _____

Технические нормативные правовые акты, в соответствии с которыми давалось заключение: _____

Средства измерения и сведения о поверке:

Средство измерения	Заводской номер	Свидетельство №	Действительно до

Условия проведения измерений: температура воздуха: _____
относительная влажность воздуха: _____
скорость движения воздуха: _____

Основные источники вибрации и ее вид: _____

Результаты измерений:

Место измерения, показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц						

Должность проводившего измерения _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)

Должность руководителя лаборатории _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)

Заключение специалиста государственного санитарного надзора, с указанием должности, фамилии, имени, отчества.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ — ИСТОЧНИКИ МИКРОНУТРИЕНТОВ

К источникам микронутриентов относят продукты, богатые:

1) микронутриентами липидной природы (полиненасыщенными жирными кислотами, фосфолипидами, фитостеринами) — растительные масла первого (холодного) отжима из завязи пшеницы, льняного семени, подсолнечника, сафлора, соевых бобов, арахиса, облепихи, оливок; миндаль, авокадо, овсяные хлопья, кукуруза, нешлифованный рис, орехи, яйца, птица, морская рыба, сливочное масло, кунжут, томаты, морковь, цитрусовые, инжир, грецкие орехи, пророщенная пшеница;

2) микронутриентами белковой природы (аминокислотами, полипептидами) — молоко, молочные продукты, белок яйца, мясо и мясопродукты, рыба, морепродукты, бобовые (горох, чечевица, фасоль, соя), крупы, хлеб (цельнозерновой);

3) микронутриентами углеводной природы (пищевыми волокнами, олигосахаридами (пребиотиками)) — молоко, молочнокислые продукты, цитрусовые, сливы, груши, яблоки, чернослив, курага, шиповник, красная смородина, брусника, репа, брюква, редис, морковь, чеснок, укроп, петрушка, кабачки, а также бобовые, отруби и цельные злаки, топинамбур;

4) следующими макроэлементами:

– магнием, натрием, фосфором — морепродукты;

– калием, кальцием, магнием — орехи (кедровые, грецкие, кешью, фисташки, арахис, фундук);

– кальцием, магнием — крупы (ячневая, пшено, гречка, овсянка), горчичное масло;

– калием, магнием, серой — бобовые (фасоль, горох, чечевица);

– серой, калием — картофель;

– кальцием — молочные продукты (сыры плавленые, брынза, творог (фосфор), сливки), чеснок;

– калием — изюм, курага, чернослив;

– серой — индейка, говядина, свинина, печень, кроличье мясо, куриное мясо, яйца;

5) микроэлементами:

– цинком, селеном, медью — печень, арахис, фасоль, горох, пшеница;

– селеном — яйцо, кукуруза, фисташки, бразильский орех, чеснок;

– цинком и селеном — нежирная свинина;

– цинком и медью — гречка, овсянка;

– селеном и медью — нешлифованный рис;

– цинком — кедровые орехи, сыр плавленый, говядина, баранина, ячневая крупа, утка, индейка;

б) витаминами группы В, С, РР, витаминоподобными веществами:

– витаминами и витаминоподобными веществами группы В — печень, орехи, шампиньоны, яйца, сыр плавленый и другие молочнокислые продукты, шпинат, бобовые, свинина, рис, ячневая крупа, капуста брокколи, белокочанная, скумбрия, сардины, кролик, говядина, карп;

– витамином С — шиповник, перец сладкий, черная смородина, облепиха, киви, жимолость, капуста брюссельская, калина, капуста цветная, цитрусовые, земляника, хрен;

– витамином РР — орехи, индейка, курица, говядина, морепродукты, горох, печень;

7) парафармацевтиками (фитосоединениями):

– терпенами — овощи и фрукты темно-зеленого, оранжевого, темно-желтого цвета (каротиноиды); томаты, красный грейпфрут, курага (ликопин), цитрусовые с цедрой (лимоноиды);

– флавоноидами и изофлавононами — соевые бобы, фрукты (яблоки), овощи, зеленый чай, лук, бобы;

– тиолами — черемша, чеснок, лук, белокочанная, брюссельская, цветная капуста, брокколи;

8) пробиотиками (лактобактериями и бифидобактериями) — кефир, ацидофильное молоко, ряженка, сыворотка, простокваша, сметана, мягкие сорта сыра, живой йогурт, непастеризованные квашеные овощи.

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОГО СУММАРНОГО ВРЕМЕНИ РАБОТЫ С ВИБРООПАСНЫМ РУЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Суммарное время работы при работе с виброопасным ручным инструментом при отсутствии регулярно прерываемого вибрационного воздействия должно приниматься исходя из превышения фактическими уровнями (значениями) нормируемых параметров производственной локальной вибрации установленных гигиенических нормативов (табл. I).

Таблица I

Допустимое суммарное время воздействия вибрации за смену в зависимости от величины превышения предельно допустимого уровня вибрации

Превышение допустимых уровней локальной вибрации		Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, мин
дБ	во сколько раз	
0	—	480
1	1,12	380
2	1,26	300
3	1,41	240
4	1,58	190
5	1,78	150
6	2,0	120
7	2,24	96
8	2,51	76
9	2,82	60
10	3,16	48
11	3,55	38
12	4,0	30

Суммарное время работы при работе с виброопасным ручным инструментом при регулярно прерываемом вибрационном воздействии должно приниматься исходя из превышения уровней нормируемых параметров производственной локальной вибрации (табл. II).

Таблица II

Допустимое суммарное время работы в контакте с локальной вибрацией за каждый одночасовой вибрационный цикл при регулярно прерываемом вибрационном воздействии

Превышение допустимого уровня вибрации		Допустимое суммарное время работы в контакте с вибрацией при регулярно прерываемом вибрационном воздействии за каждый одночасовой вибрационный цикл для различного числа таких циклов за смену, мин							
дБ	раз	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,12	50	50	50	50	50	50	50	50
2	1,26	50	50	50	50	50	50	49	45
3	1,41	50	50	50	50	50	46	42	40

Превышение допустимого уровня вибрации		Допустимое суммарное время работы в контакте с вибрацией при регулярно прерываемом вибрационном воздействии за каждый одночасовой вибрационный цикл для различного числа таких циклов за смену, мин							
дБ	раз	1	2	3	4	5	6	7	8
4	1,58	50	50	50	50	44	40	37	34
5	1,78	50	50	50	43	38	34	31	30
6	2,0	50	50	45	37	33	30	27	26
7	2,24	50	30	38	32	25	25	24	22
8	2,51	50	42	32	27	24	22	20	19
9	2,82	50	36	27	23	20	19	18	17
10	3,16	50	30	23	20	18	16	15	14
11	3,55	43	25	20	17	15	14	13	12
12	4,0	36	21	17	14	13	12	11	10

Примечание. В шапке таблицы числа от 1 до 8 указывают количество часов в смену, в которые работающий контактирует с вибрацией. Числа в колонках таблицы от 50 до 10 указывают допустимое суммарное время контакта в каждом одночасовом вибрационном цикле в зависимости от их числа.

Пример. Исходные данные:

1. Выполняемая операция — обрубка литья.
2. Используемая ручная машина — рубильный молоток.
3. Технологическое время обрубных работ по хронометражным наблюдениям за смену — 207 ± 3 мин.
4. Характеристика вибрации, действующей на рабочего при обрубке литья, приведена в табл. III.

Таблица III

Уровни выброскорости на рукоятке рубильного молотка, дБ

Показатели	Среднегеометрические частоты основных полос, Гц							
	8	16	31	63	125	250	500	1000
Уровень выброскорости	101	112	115	110	98	96	93	87
ПДУ	115	109	109	109	109	109	109	109
Превышение ПДУ	—	3	6	1	—	—	—	—

Построение режима:

1. Допустимое суммарное время работы в контакте с вибрацией за смену при нерегулярно прерываемом вибрационном воздействии (табл. I) для максимального превышения ПДУ 6 дБ составляет 120 мин. Это допустимое время (120 мин) не обеспечивает необходимого технологического времени обрубных работ (207 ± 3 мин).

2. Необходима организация труда с регулярно прерываемым вибрационным воздействием. Для превышения ПДУ на 6 дБ максимально допустимое время работы в контакте с вибрацией может быть получено при

организации регулярных перерывов за 8 одночасовых вибрационных циклов (табл. II). В каждом из 8 одночасовых циклов допускается суммарное время контакта с вибрацией 26 мин. В этом случае суммарное время контакта с вибрацией за смену составляет $26 \times 8 = 208$ мин, что обеспечивает необходимое технологическое время обрубных работ.

3. При регулярном прерываемом воздействии вибрации структура рабочего дня может состоять из следующих одночасовых циклов:

$$V_{26}P_{29}P_5 + V_{26}P_{14}P_{20}^P + V_{26}P_{29}P_5 + V_{26}P_{29}P_5 + O_{40} + V_{26}P_{29}P_5 + \\ + V_{26}P_4P_{30}^P + V_{26}P_{29}P_5 + V_{26}P_{29}P_5,$$

где V_{26} — суммарное за одночасовой цикл время контакта с вибрацией, равное 26 мин; P_{29} , P_{14} , P_4 — суммарное за одночасовой цикл время работ, не связанных с воздействием вибрации, равное, соответственно, 29 мин, 14 мин, 4 мин; P_5 — ежечасный перерыв в работе длительностью 5 мин (время на отдых и личные надобности); P_{20}^P , P_{30}^P — регламентированные перерывы в работе длительностью 20 и 30 мин соответственно; O_{40} — обед минимальной длительностью 40 мин.

Таким образом, при регулярном прерываемом воздействии вибрации в пределах рабочей смены распределение времени смены может быть следующим:

$$V_{208}P_{192}P_{50}^P P_{30}^P O_{40},$$

где цифровые индексы указывают суммарную длительность соответствующих элементов рабочего дня за смену длительностью 480 мин.

4. Работа с ручным инструментом, генерирующим вибрацию, уровни нормируемых параметров которой превышают гигиенические нормативы на 12 дБ (в 4 раза), не допускается.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Физическая и гигиеническая характеристики вибрации.....	4
Классификации производственной вибрации	6
Источники вибрации на производстве	9
Методы гигиенической оценки производственной вибрации.....	18
Гигиеническая оценка результатов лабораторных исследований производственной вибрации	19
Методика проведения измерений производственной вибрации	20
Особенности влияния производственной вибрации на организм работника	23
Система мероприятий по профилактике неблагоприятного действия производственной вибрации	26
Самоконтроль усвоения темы	32
Список использованной литературы.....	44
Приложение 1	45
Приложение 2.....	46
Приложение 3.....	47
Приложение 4.....	49