

# **БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГИГИЕНЕ ТРУДА**

**учебное пособие**

**Под редакцией  
профессора А.Г.Сетко**

*Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Оренбургская  
государственная медицинская академия» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации*

*Кафедра гигиены детей и подростков с гигиеной питания и труда  
Кафедра гигиены и эпидемиологии  
Кафедра биофизики и математики*

# **БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГИГИЕНЕ ТРУДА**

Учебное пособие

***Рекомендовано Учебно-методическим объединением по медицинскому и фармацевтическому образованию вузов России в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности 06010465 Медико-профилактическое дело.***

Оренбург – 2013

УДК 613.64(075.8)

ББК 51.24я73

С33

Рецензенты:

**Березин И. И.** – д. м. н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Зулькарнаев Т. Р.** – д. м. н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены с экологией с курсом гигиенических дисциплин ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

С33 А. Г. Сетко, С. П. Тришина, Е. Б. Бейлина, Е. Н. Денисов. Под редакцией д. м. н., проф. А. Г. Сетко.

Биофизические методы исследования в гигиене труда: учебное пособие. – Оренбург, 2013. – 176 с.

ISBN 978-5-91924-046-4

Пособие содержит материал, необходимый для изучения механизмов возможного воздействия вредных и опасных факторов на организм работающих, методик измерения и нормирования данных факторов, разработки профилактических мероприятий на производстве.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 060105.65 «медико-профилактическое дело».

*Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к печати РИС ОргМА.*

ISBN 978-5-91924-046-4

УДК 613.64(075.8)

ББК 51.24я73

© Оренбургская государственная медицинская академия, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Производственный шум .....	5
Тестовые задания .....	27
2. Производственная вибрация .....	29
Тестовые задания .....	51
3. Ультразвук .....	54
Тестовые задания .....	71
4. Инфразвук .....	73
Тестовые задания .....	83
5. Электромагнитные поля .....	85
Тестовые задания .....	112
6. Лазерное излучение .....	114
Тестовые задания .....	120
7. Производственный микроклимат .....	122
Тестовые задания .....	143
8. Инфракрасное излучение .....	145
Тестовые задания .....	151
9. Производственное освещение .....	153
Тестовые задания .....	163
10. Эталоны ответов к тестовым заданиям .....	165
11. Список рекомендуемой литературы .....	168
12. Нормативная документация .....	169
13. Приложения .....	172

## ВВЕДЕНИЕ

Активный процесс урбанизации, развития промышленности и транспорта привел к значительному расширению использования производственных факторов физической природы, увеличению их воздействия на организм работающего населения, что, в свою очередь, вызвало рост заболеваемости, в том числе профессиональной и производственно-обусловленной. Продолжает оставаться актуальной проблема изучения зависимости состояния здоровья работающих от факторов производственной среды и разработки комплекса профилактических мероприятий, направленных на укрепление здоровья.

Современная система высшего профессионального образования по специальности «медико-профилактическое дело» предполагает высокий уровень знаний выпускников медицинских вузов указанной специальности физических и гигиенических характеристик факторов производственной среды, методик их измерения, механизмов возможного воздействия вредных и опасных факторов на организм работающих, умение разрабатывать и контролировать выполнение профилактических мероприятий на производстве. Изучению этих вопросов и посвящено настоящее учебное пособие.

***Целью изучения данного направления является формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 2010 г. по специальности «медико-профилактическое дело»:***

ПК-9 способность и готовность к прогнозированию опасности для здоровья, причиной которых могут стать используемые трудовые и производственные процессы, технологическое оборудование, и определение рекомендаций по их планированию и проектированию, распознаванию и интерпретации появления в производственной среде химических, физических и биологических и иных факторов среды обитания человека, которые могут повлиять на здоровье и самочувствие работников;

ПК-17 способность и готовность к определению степени воздействия на организм работника вредных факторов, расследованию причин профессиональных заболеваний и отравлений;

ПК-35 способность и готовность к формулировке, оценке и проверке гипотез, объясняющих причину, условия и механизм возникновения заболеваний и их распространения.

## 1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ

**Цель изучаемой темы:** разобрать со студентами гигиеническую характеристику производственного шума, его нормирование, воздействие на организм, познакомить с шумоизмерительной аппаратурой и методикой измерения, а также мероприятиями по профилактике неблагоприятного воздействия шума на организм.

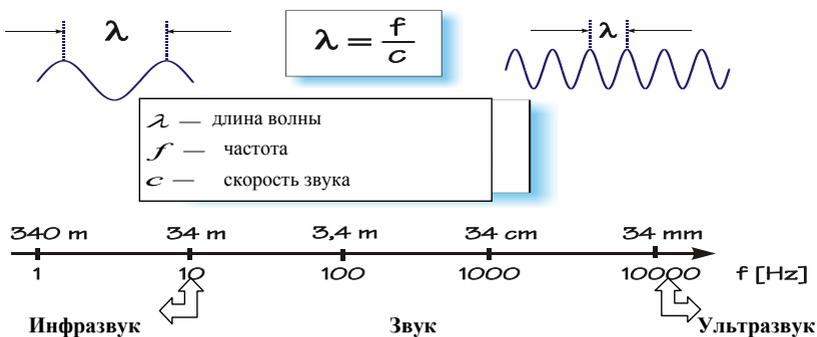
В настоящее время параллельно с научно-техническим прогрессом увеличивается количество всевозможного технологического оборудования, являющегося источником шума.

С действием шума сталкиваются рабочие, занятые в авиационной промышленности, судостроении, химической промышленности, нефтяной промышленности, автомобилестроении, строительстве и ряде других отраслей.

Основными источниками шума является такое оборудование, как компрессорные установки, холодильные установки, насосные установки, турбовоздуходувки, вентиляторы и кондиционеры, дробильно-размольное оборудование, турбины и т. п.

**Звук** – периодические механические колебания частиц среды, распространяющиеся в упругой среде в виде продольной волны в диапазоне от 11 до 20 000 Гц. Все звуки делятся на тон, шум и звуковой удар. Тоны бывают простыми и сложными. Простой или чистый тон – это колебание, совершающееся с постоянной частотой. Источником чистого тона является камертон. Колебания с постоянной частотой являются гармоническими колебаниями. Основными характеристиками гармонического колебания (звуковой волны) являются амплитуда, частота и период. Каждая звуковая волна – синусоида (рис. 1).

Величина максимального отклонения колеблющегося тела (или частиц среды) от положения равновесия называется **амплитудой** колебания.



*Рис. 1. Характеристики звуковой волны.*

Промежуток времени, в течение которого совершается одно полное колебание, называется **периодом колебания** (измеряется в секундах).

Количество полных колебаний, приходящихся на единицу времени, называется **частотой** и выражается в герцах (Гц).

Звук распространяется в виде продольных волн. При колебании частиц образуются зоны сгущения и разрежения, поочередно сменяющие друг друга в каждой точке среды. Расстояние между двумя точками сгущения или разрежения, имеющими одинаковую фазу колебаний, называют **длиной волны**.

При колебаниях частиц среды в ней развивается переменное избыточное давление воздуха или газа, называемое **звуковым давлением**. В зонах сгущения частиц отмечается повышенное давление, в зонах разрежения – пониженное давление. Звуковое давление представляет собой абсолютную разницу между давлением максимального сгущения воздуха и атмосферным давлением. Единицами измерения давления являются бар, Па.

Звуковая волна характеризуется величиной давления ( $P$ ), представляющей собой разность между давлением максимального сгущения и атмосферным давлением, измеряемой в системе СИ в  $\text{H}/\text{m}^2$ . Звуковая волна является носителем механической энергии. Энергия, переносимая механической волной через единицу

площади в единицу времени называется **интенсивностью волны**. Интенсивность измеряется в Вт/м<sup>2</sup>. Между интенсивностью звука и звуковым давлением имеется зависимость:

$$I = P^2 / \rho * c,$$

где  $I$  – интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;

$P$  – звуковое давление, Па;

$\rho$  – удельная плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – скорость звука, м/с.

**Шум** – совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени.

Это принципиальное отличие шума от музыки, которая имеет упорядоченность во времени и ритм.

В зависимости от среды распространения выделяют воздушный (аэродинамический) шум, структурный шум, гидрошум (гидродинамический).

Человек способен слышать звуки в диапазоне от 11 до 20 000 Гц. С возрастом этот диапазон уменьшается до 12 – 15 000 Гц.

Для гигиенической характеристики шума пользуются не физическими величинами (давление, энергия), а относительными, учитывающими субъективное восприятие звука (громкость). Увеличение интенсивности звука вызывает повышение его громкости, но возрастание громкости происходит гораздо медленнее, чем увеличение звукового давления. Шкала уровней громкости представляет собой логарифмическую зависимость между громкостью и интенсивностью.

Минимальная интенсивность, воспринимаемая человеческим ухом, называется **порогом слышимости** и равна:  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

**Болевой порог** – минимальное количество звуковой энергии, вызывающее чувство боли, составляет  $I = 10$  Вт/м<sup>2</sup>. Эти значения интенсивности отличаются друг от друга в 10<sup>13</sup> раз. При работе с величинами, способными отличаться друг от друга на много порядков, целесообразно перейти от этих чисел к их логарифмам. Единица измерения интенсивности звука в логарифмической шкале называется **белом** (в честь Александра Грехэма Белла, изобретателя телефона).

**Бел (Б)** – уровень громкости, создаваемый чистым тоном частотой 1000 Гц при изменении интенсивности в 10 раз.

Но практически более удобной оказалась единица в 10 раз меньшая – **децибел**. Интенсивность звука  $I$ , измеренная в Вт/м<sup>2</sup>, и интенсивность  $E$ , измеренная в децибелах, связаны следующим образом:

$$E = 10 \lg I / I_0.$$

Логарифмировать можно лишь безразмерные величины, поэтому под знаком логарифма – не величина  $I$ , а дробь, в знаменателе которой – интенсивность  $I_0$  звука на пороге слышимости. Для звука с частотой  $f = 1000$  Гц она принята равной  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, что соответствует среднестатистической норме.

Приведем примеры использования децибельной шкалы. Если звук имеет интенсивность  $I = 10^{-5}$  Вт/м<sup>2</sup>, то в децибелах это будет:

$$E = 10 \lg \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 10 \lg 10^7 = 10 \times 7 = 70 \text{ дБ}.$$

Если человек имеет повышенную остроту слуха и способен слышать звуки более тихие, чем среднестатистический порог слышимости  $I_0$ : например  $I = 10^{-14}$  Вт/м<sup>2</sup>, то в децибельной шкале такой сверх тихий звук имеет уровень интенсивности:

$$E = 10 \lg \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10 \lg 10^{-2} = 10 \times (-2) = -20 \text{ дБ}.$$

Порогу болевых ощущений соответствует уровень интенсивности 130 дБ.

Звуки, интенсивность которых превосходит 130 дБ, как звуки нами уже не воспринимаются.

Звуку  $I = I_0$  соответствует уровень интенсивности  $E = 0$  дБ.

Шум биения собственного сердца равен 10 дБ, шепотная речь – 20 дБ, шелест листьев – 30 дБ, громкая речь – 70 дБ, автомобильный сигнал – 90 дБ. В производственных условиях уровень гром-

кости достигает значительных уровней. Так, шум в котельных цехах составляет 100 – 105 дБ, в ткацких цехах – 105 – 110 дБ, при ручной клепке металла – 110 – 115 дБ.

**Эквивалентный (по энергии) уровень звука, LA экв., дБА, непостоянного шума** – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

**Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума** – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

**Допустимый уровень шума** – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

**Максимальный уровень звука, LA макс., дБА** – уровень звука, соответствующий максимальному показателю измерительного, прямопоказывающего прибора (шумомера) при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Также выделяют такие понятия, как доза шума и относительная доза шума.

**Доза шума** – акустическая звуковая энергия за время действия шума [Па/ч].

**Относительная доза шума** равна отношению допустимой дозы шума к дозе шума, выражается в процентах. Доза шума и относительная доза шума не являются нормируемыми показателями.

### **Классификация шумов, воздействующих на человека**

#### **I. По характеру спектра шума** выделяют:

– широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более 1 октавы;

– тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3 октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

## **II. По временным характеристикам шума выделяют:**

– постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;

– непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

### **Непостоянные шумы подразделяют на:**

– колеблющийся во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– прерывистый шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

– импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно», отличаются не менее чем на 7 дБ.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие настоящим санитарным нормам.

## **Биологическое действие шума**

Механизм действия шума на организм состоит в том, что звуковая волна с повышенной концентрацией звуковой энергии воспринимается рецепторами органа слуха и всем организмом.

Действие шума зависит от его интенсивности, длительности воздействия, спектральной характеристики, сопутствующих вредных производственных факторов, функционального состояния организма рабочих.

Наиболее чувствительными к звуковой волне, помимо органа слуха, являются области груди и живота.

Шум оказывает специфическое и неспецифическое действия.

## **Специфическое действие шума на организм (ауральные эффекты)**

Под действием шума происходят дегенеративные изменения в волосковых клетках кортиева органа, в первом нейроне слухового пути – спиральном ганглии и в волокнах кохлеарного нерва.

**Шумовая травма.** Возможна при действии шума высокой интенсивности. Характеризуется поражением барабанной перепонки вплоть до ее прободения, отмечается резкая боль в ушах, головокружение, головная боль, потеря сознания.

Острая акустическая травма обычно возникает при действии сверхмощных звуков или шумов, уровни звукового давления которых превышают порог биологической переносимости (свыше 130 дБА), вызывая при этом необратимые деструктивные изменения (разрывы мембран, кровоизлияния в полости лабиринта и среднего уха).

**Хроническая нейросенсорная тугоухость (НСТ)** – хроническое заболевание органа слуха, характеризующееся двусторонним нарушением слуховой функции звуковоспринимающего характера, развивающимся при длительном воздействии производственного шума, превышающего предельно допустимые уровни.

Существует три теории механизма воздействия шума на орган слуха: механическая (теория Бекеша), сосудистая, а также нарушение взаимодействия коры и подкорки.

Согласно теории Бекеша шум действует на основной завиток улитки, вызывая колебания базилярной мембраны с высокой

частотой и амплитудой. Механическая энергия превращается в нервные импульсы. Длительное воздействие шума приводит к развитию утомления и истощению биологических резервов в периферическом отделе анализатора.

Согласно сосудистой теории воздействие шума вызывает спазм артериол, замедление тока крови в концевых микрососудах и переполнение капилляров кровью с последующим стазом и агрегацией эритроцитов в них. Длительное состояние агрегации эритроцитов приводит к нарушению проницаемости гематолабиринтного барьера, снижению доставки кислорода к волосковым клеткам и, как следствие, развитию метаболических изменений в сенсорных клетках. Сосудистые изменения в улитке предшествуют, а возможно, содействуют повреждению волосковых клеток. При воздействии производственного шума у работников отмечаются расстройства мозгового кровообращения в виде повышения пульсового кровенаполнения в бассейне внутренних сонных артерий, снижение пульсового кровенаполнения в вертебробазиллярной системе, повышение тонуса мелких и средних артерий, возрастание частоты ангиоспазма, затруднение венозного оттока. Сосудистые расстройства, особенно в системе позвоночных артерий, могут привести к нарушению кровоснабжения внутреннего уха с последующими морфологическими изменениями и дальнейшему нарушению слуховой функции. У рабочих с коротким стажем работы в условиях воздействия производственного шума выявляют определенные закономерности изменений центральной гемодинамики в виде преобладания гиперкинетического типа кровообращения. С увеличением стажа повышается тонус сосудов.

Патогенетическую основу возникновения НСТ при воздействии шума составляет избыточное торможение в головном мозге на кортикальном и субкортикальном уровне. Решающее значение приобретает деятельность подкорковых структур, выполняющих трофическую функцию в отношении слухового анализатора посредством нервных волокон, направленных от оливы (ее верхней части) к улитке. Большое значение в патогенезе НСТ имеет переутомление подкорковых структур, что вызывает дистрофию и дегенерацию ткани Кортиева органа.

У лиц, страдающих нарушением слуха, определяются более грубые электроэнцефалографические изменения, свойственные стойкому преобладанию возбуждения. Это может быть обусловлено нарушениями на лимбико-ретикулярном и корковом уровнях.

В ядрах наружных волосковых клеток под влиянием шума возникает так называемая ритмическая функциональная пульсация, являющаяся результатом синтеза и разрушения биологически активных субстанций. Это выражается в изменении ядер, размеры которых могут варьироваться в зависимости от длительности шумового воздействия. Частота шума определяет выраженность дистрофических и дегенеративных процессов в улитке. Шум низкой частоты (250 – 500 Гц) вызывает слабо выраженные изменения в улитке, которые распространяются практически по всей длине органа. Чем выше частота звука, тем его воздействие интенсивнее, при этом оно более ограничено по площади, локализуется у основания улитки. По данной причине звук высокой частоты оказывает наиболее выраженное повреждающее действие.

Инфразвук и низкочастотные звуки также вызывают повреждение звукопроводящего отдела слухового анализатора. Патоморфологически это проявляется мелкими геморрагиями в наружном и среднем ухе, гиперемией слизистых оболочек слуховых косточек и гиперемией барабанной перепонки. Интенсивность повреждающего эффекта на преддверно-улитковый орган определяется продолжительностью воздействия и частотными характеристиками (чем ниже частота, тем сильнее эффект) шума.

Помимо описанных механизмов, в патогенезе НСТ важную роль играет изменение метаболизма липидов. У лиц, испытывающих воздействие шума во время работы, нередко отмечаются изменения ряда биохимических показателей, отражающих состояние жирового обмена: повышение уровня холестерина, р-липопротеидов и триглицеридов в сыворотке крови, высокий индекс атерогенности. Высокая концентрация липопротеинов в крови способствует увеличению ее вязкости и свертывающей способности, снижает эластичность эритроцитарных мембран, что, в свою очередь, усиливает склонность эритроцитов к агрегации. Описанные изменения усиливают имеющиеся гипоксические процессы

во внутреннем ухе и тем самым ускоряют формирование нейро-сенсорной патологии. Иммунная система и органы нейроэндокринной регуляции также страдают от регулярного воздействия шума, что вызывает ослабление резистентности организма и, соответственно, способствует росту заболеваемости среди рабочих.

Импульсный шум нарушает взаимодействие между корой головного мозга и ретикулярной формацией. Это происходит вследствие возбуждения височных долей головного мозга, медиального колленчатого тела и ретикулярной формации промежуточного мозга при одновременном подавлении активности ретикулярной формации среднего мозга.

Совместное воздействие шума и вибрации оказывает более выраженный эффект, при этом структурные и функциональные изменения в органах и системах формируются за меньший промежуток времени. Нарушается деятельность сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, изменяется метаболизм. Гемодинамические нарушения в головном мозге проявляются спазмом средних и мелких сосудов вследствие их гипертонуса, снижается кровенаполнение, нарушается венозный отток. Наряду с негативным влиянием на орган слуха, вестибулярный анализатор, центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, вибрация сенсibiliзирует слуховой анализатор к звуковому воздействию.

Наиболее выраженные нарушения на биохимическом и ультраструктурном уровне при воздействии шума и вибрации испытывают рецепторы, расположенные в базальных и апикальных отделах улитки (области восприятия высоких и низких частот). При совместном воздействии шума и вибрации снижается содержание гликогена и нуклеиновых кислот, нарушается активность щелочной фосфатазы, ферментов антиоксидантной системы. При этом затрагиваются и вышележащие отделы звукового анализатора.

Сочетанное воздействие шума и вибрации приводит к утолщению барабанной перепонки (дистрофического и воспалительного генеза), изменению диаметра капилляров, десквамации эпителия. В слизистой оболочке, покрывающей барабанную полость, возникает сосудистое полнокровие, появляются локализованные геморагии, субэпителиальный слой становится рыхлым, в среднем ухе

может накапливаться серозный экссудат. Возникает атрофия мышц барабанной полости, что ведет к замещению атрофированных волокон жировой тканью. В слуховых косточках происходит замещение резорбированного вещества плотной соединительной тканью.

Стойкое нарушение слуховой функции по типу одно- или двухсторонней нейросенсорной тугоухости возникает у рабочих со стажем 5 – 10 – 15 лет. Сроки возникновения зависят не только от длительности его воздействия, но и от частотно-временных параметров шума, интенсивности, индивидуальной чувствительности органа слуха к шуму. Развивается постепенно, в несколько стадий:

1-я стадия – слуховая адаптация, легкое снижение слуха. Возникает временное снижение слуховой чувствительности, являющееся физиологическим приспособлением. Слуховая чувствительность в пределах 10 – 15 дБ, восстанавливается в пределах 3 минут.

2-я стадия – утомление, умеренное снижение слуха. Нарушается нормальное соотношение между основными нервными процессами в слуховом анализаторе. Характеризуется нарушением воздушной проводимости на аудиограмме и нарушением шепотной речи. Слуховая чувствительность в пределах 20 – 30 дБ, восстанавливается в пределах 5 – 10 минут.

3-я стадия – переутомление, значительное снижение слуха. Вследствие дегенеративных изменений в волосковых клетках и других элементах Кортиева органа происходит поражение звуковоспринимающего аппарата органа слуха и стойкое нарушение слуховой чувствительности.

Отмечается нарушение тонального слуха по костной и воздушной проводимости, увеличение слухового порога в высокочастотной области без костно-воздушной диссоциации.

В основе постановки диагноза НСТ лежит изучение жалоб пациента, анамнестических данных, результатов отоскопии, акуметрии и электрофизиологического обследования в многолетней динамике. Сбор акуметрических данных включает в себя изучение восприятия шепотной речи, разговорной речи, а также обследование с помощью камертонов. Речевая и тональная аудиометрия, надпороговые аудиологические тесты (пороги слухового дискомфорта, тест Люшера, Si-Si), отоакустическая эмиссия, акустическая

импедансометрия, психоакустические характеристики субъективного шума в ушах, изучение слуха в широком диапазоне частот в совокупности составляют электрофизиологическое исследование.

Связь патологии с воздействием шума в производственных условиях устанавливается на основе анализа профессионального маршрута, санитарно-гигиенической характеристики условий труда с определением спектральных параметров шума, эквивалентных уровней шума, данных амбулаторной карты, касающихся результатов исследований слуха и ранее перенесенных заболеваний.

Работа в условиях шумового воздействия на протяжении 8 – 10 лет способствует возникновению профессиональной НСТ. На сроки развития патологии определяющее влияние оказывает продолжительность действия шума, его интенсивность, дополнительные факторы риска, индивидуальные особенности организма.

Основной жалобой пациентов является ухудшение слуха. Обычно это беспокоит больных уже при наличии грубой патологии. Нарушению слуха предшествует шум в ушах и голове, головная боль, раздражительность, то есть неспецифические признаки воздействия шума. Данные явления могут возникать в первые годы работы в соответствующих условиях.

Шум в ушах при профессиональной НСТ чаще всего является двусторонним, низкочастотным, может создаваться ощущение шума в голове.

Отоскопия при НСТ может выявить втяжение, мутность и изменение упругости барабанной перепонки, а также инъекцию ее сосудов.

Наиболее важным исследованием для постановки диагноза НСТ является аудиометрия. При формировании НСТ наиболее ранним является повышение порога восприятия тонов в диапазоне от 12 до 16 кГц при изучении слуха в диапазоне до 20 кГц, повышение порогов восприятия тонов в области 4000 Гц. Данные изменения можно зафиксировать только посредством проведения тональной пороговой аудиометрии, так как на этом этапе восприятие разговорной и шепотной речи еще не нарушено. На начальной стадии патологии могут возникать неспецифические признаки: головная боль, шум в ушах, шум в голове, раздра-

жительность, нарушение сна. Чаще всего больные обращаются за помощью при нарушении слухового восприятия так называемых разговорных частот: 500 – 2000 Гц.

Характерными признаками НСТ являются двусторонний характер поражения и отсутствие костно-воздушной диссоциации. Последнее подразумевает под собой нарушение воздушного и костного звукопроводения, выраженное в равной степени.

Наряду с местными симптомами поражения, возникают явления вегето-сосудистой дистонии (первоначально по гипотоническому типу, позже – по гипертоническому типу). Расстройство деятельности вестибулярного аппарата проявляется, прежде всего, гипорефлексией. Весьма информативна в диагностике вестибулярной патологии электронистагмография, позволяющая выявить изменения различных характеристик нистагма.

В развитии выделяют доклиническую фазу и клинические проявления. Предъявляются жалобы на шум в ушах, головную боль, раздражительность, повышенную утомляемость, что не является специфическим для поражения слухового анализатора, а характеризует реакцию ЦНС на действие шумового фактора. В начальных стадиях наблюдается снижение слуховой чувствительности в области высоких частот (4000 Гц и более). Далее прогрессирует понижение слуха (500 – 2000 Гц), больные не воспринимают шепотную речь. Выраженная тугоухость характеризуется снижением слуха по всему диапазону частот, нарушением воздушной и костной проводимости.

### **Неспецифическое действие шума на организм (экстраауральные эффекты)**

В 1957 году профессор Андреева-Галанина предложила термин «шумовая болезнь». **Шумовая болезнь** – заболевание всего организма с преимущественным поражением ЦНС и всех органов с вторичным поражением органа слуха. В настоящее время её заменила концепция экстраауральных эффектов как неспецифических проявлений действия шума.

В ЦНС происходит нарушение процессов интеграции в коре (появляются астеновегетативный и астеноневротический синдромы).

Отмечаются нарушение сна, повышенная раздражительность, ослабление памяти, снижение внимания, общая слабость, повышенная потливость. Ухудшается восприятие световых и звуковых сигналов, нарушаются концентрация внимания, точность и координация движений. Изменяется биоэлектрическая активность головного мозга. Рабочие предъявляют жалобы на головные боли различной интенсивности, часто возникающие к концу работы и после неё.

Изменения со стороны сердечно-сосудистой системы в начальной стадии носят функциональный характер (неустойчивость пульса, артериального давления, покалывания в области сердца). С увеличением стажа работы гипотония может сменяться гипертензией, переходящей в последующем в гипертоническую болезнь. Наиболее неблагоприятными, с точки зрения гипертензивных состояний, является широкополосный шум с преобладанием высокочастотных составляющих и уровнем свыше 90 дБА, особенно импульсный шум, вызывающий максимальные сдвиги в периферическом кровообращении. Отмечаются аритмии. Нередко изменен тонус коронарных сосудов, что сопровождается ангинозным симптомокомплексом. Уменьшается электрическая проводимость сердца. Отмечены изменения на ЭКГ в виде удлинения интервала P-Q, укорочения интервала Q-T, увеличения длительности и деформации зубцов P и S, смещения сегмента ST, изменения вольтажа зубца T.

Нарушение зрения – снижение остроты зрения, нарушение сумеречного зрения. Снижается чувствительность органа зрения к оранжево-красным лучам, повышается чувствительность к синезеленым лучам.

В результате действия на вестибулярный анализатор отмечается головокружение, связанное с переменной положения тела, чувство иллюзорного перемещения предметов в пространстве. Может быть нистагм.

Действует шум и на дыхательную систему, угнетая частоту и глубину дыхания.

Происходит изменение секреторной и моторной функций желудочно-кишечного тракта в виде задержки эвакуации желу-

дочного сока, уменьшения его кислотности, уменьшения амплитуды сокращений желудка и их числа, что приводит к снижению аппетита и диспепсическим расстройствам.

В результате воздействия шума на организм наблюдается снижение антиинфекционного и противоопухолевого иммунитета, создание благоприятных условий для развития аутоиммунных и аллергических процессов. Возникающие эффекты связаны со стимуляцией передней доли гипофиза, увеличением секреции надпочечниками стероидных гормонов при действии шума и, как следствие этого, развитием приобретенного (вторичного) иммунодефицита с инволюцией лимфоидных органов и значительными изменениями содержания и функционального состояния Т- и В-лимфоцитов в крови и костном мозге.

Шум влияет на железы внутренней секреции, вызывая гипертрофию коры надпочечников, а также гиперфункцию щитовидной железы.

Возможны поражения кожи вплоть до дерматитов, так как шум усиливает токсическое раздражающее действие химических веществ.

Ввиду изменения обмена веществ наблюдаются изменения при биохимическом исследовании крови – компенсаторно увеличивается количество глобулинов, снижается количество альбуминов, снижается альбумин-глобулиновый коэффициент, может увеличиваться концентрация сахара. При воздействии шума свыше 95 дБА могут нарушаться витаминный, углеводный, белковый, холестеринный и водно-солевой обмены.

Под влиянием шума быстро развивается утомление, приводящее к снижению производительности труда, увеличению травматизма и способствующее повышению общей и профессиональной заболеваемости. Шум, сопровождающийся вибрацией, более вреден для органа слуха, чем изолированный.

В настоящее время отмечается интеллектуализация труда и увеличение операторских профессий, для которых характерны уровни шумов ниже 80 дБА, не вызывающие потерю слуха, но способные вызвать экстраауральные эффекты при суммации действия шума и напряженного труда на организм. В связи с

этим был обоснован биологический эквивалент действия шума и напряженного труда на организм, равный 10 дБА шума на одну категорию напряженности трудового процесса. Этот принцип положен в основу действующих санитарных норм по шуму, дифференцированных с учетом напряженности и тяжести трудового процесса.

Степень профессиональной тугоухости в нашей стране оценивается по средней величине потерь слуха на трех речевых частотах – 0,5, 1,0 и 2,0 кГц. Величины более 10, 20, 30 дБ соответствуют I, II, III степеням снижения слуха.

### **Основные приборы и методика измерения шума**

Основные приборы, используемые для измерения шума: шумомеры testo 815, 816-1 (Германия); Октава-110А/101АМ, серия АССИСТЕНТ, Алгоритм-01, 02, 03 (Россия); ШИ-01В; ВШВ-003МЗ; ВШ-2000 (Белоруссия); Larson-Davis модель 703, 706, 824, 831, DSP83, 2800 (США); Bruel&Kjaer тип 2260, 2238, 2250 (Дания); Svantek SVAN 945 (1 класс), SVAN 943 (2 класс), комплексы SVAN 912, 947, 948 (Польша).

Приборы для измерения шума имеют частотные характеристики А, С, «линейно», которые характеризуются различным ослаблением низкочастотных составляющих. Для гигиенических исследований на производстве используются характеристики А и С. Для усреднения непостоянного шума шумомеры имеют временные показатели: «медленно», «быстро», «импульс», «пик», отличающиеся друг от друга постоянной времени. Чаще всего применяется показатель «медленно», при измерении же импульсных шумов – показатель «импульс».

Измерение шума в производственных помещениях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах – Изменение N 1, принятое Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 24 от 05.12.2003 г.). Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31.05.2005 N 141-ст введено в действие на территории РФ с 01.07.2005 года.

Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня). Продолжительность измерений в пределах каждого опорного временного интервала выбирают в зависимости от вида шума в этом интервале:

- для постоянного шума не менее 15 с;
- для непостоянного, в том числе прерывистого, шума она должна быть равна продолжительности по меньшей мере одного повторяющегося рабочего цикла или кратна нескольким рабочим циклам. Продолжительность измерений может также быть равной длительности некоторого характерного вида работы или ее части. Продолжительность измерений считают достаточной, если при дальнейшем ее увеличении эквивалентный уровень звука не изменится более чем на 0,5 дБА;
- для непостоянного шума, причины колебания которого не могут быть явно связаны с характером выполняемой работы, – 30 мин. (три цикла измерений по 10 мин.) или менее, если результаты измерений при меньшей продолжительности не расходятся более чем на 0,5 дБ;
- для импульсного шума – не менее времени прохождения 10 импульсов (рекомендуется 15 – 30 с).

Измерения шума для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах допустимым уровням по действующим нормам должны проводиться при работе не менее 2/3 обычно используемых в данном помещении единиц установленного оборудования в наиболее часто реализуемом (характерном) режиме его работы или иным способом, когда обеспечено типовое шумовое воздействие со стороны источников шума, не находящихся на рабочем месте (в рабочей зоне).

Если известно, что далеко расположенное от рабочего места оборудование создает на нем фоновый шум на 15 – 20 дБ ниже, чем шум при работе оборудования, установленного на данном рабочем месте, то его включать не следует. Измерения не следует проводить при разговорах работающих, а также при подаче различных звуковых сигналов (предупреждающих, информационных, телефонных звонков и т. д.) и при работе громкоговорящей связи. Измерения могут проводиться при наличии или

отсутствии (последнее предпочтительнее) оператора (работающего) на рабочем месте или в рабочей зоне. Измерения проводят в фиксированных точках или с помощью микрофона, закрепляемого на операторе и перемещающегося вместе с ним, что обеспечивает более высокую точность определения уровня шума и является предпочтительным.

Измерения в фиксированной точке проводят, если положение головы оператора известно точно. При отсутствии оператора микрофон устанавливают в заданную точку измерения, находящуюся на уровне его головы.

Если положение головы оператора неизвестно, микрофон устанавливают:

- для сидячего рабочего места на высоте  $0,91 \pm 0,05$  м над центром поверхности сидения;
- для стоячего рабочего места – на высоте  $1,550 \pm 0,075$  м над опорой на вертикали, проходящей через центр головы прямо стоящего человека.

Если присутствие оператора необходимо, то микрофон устанавливают на расстоянии приблизительно 0,1 м от уха, воспринимающего больший (эквивалентный) уровень звука, и ориентируют в направлении взгляда оператора. Если микрофон закрепляют на операторе, то его устанавливают на шлеме или плече с помощью рамки, а также на ошейнике на расстоянии 0,1 – 0,3 м от уха, но так, чтобы не препятствовать работе оператора и не создать ему опасности. Микрофон должен быть удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения. Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения следует проводить в точках, соответствующих установленным постоянным местам.

Для оценки шума при непостоянных рабочих местах оператора измерения проводят на каждом его рабочем месте и определяют эквивалентный уровень звука шума, действующего на оператора за рабочую смену.

Устанавливаются следующие измеряемые и рассчитываемые величины в зависимости от временных характеристик шума:

– для постоянного шума – уровень звука, дБА, и октавные уровни звукового давления, дБ;

- для колеблющегося во времени шума – эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука, дБА;
- для импульсного шума – эквивалентный уровень звука, дБА, и максимальный уровень звука, дБАИ;
- для прерывистого шума – эквивалентный и максимальный уровни, дБА.

Допускается определять дозу шума. Эквивалентные уровни звука должны быть приведены (нормализованы) к 8-часовой рабочей смене (рабочему дню) или 40-часовой рабочей неделе.

Измерения постоянного шума должны проводиться в каждой точке не менее 3 раз. Измерения непостоянного шума проводятся для прерывистого шума – полный технологический цикл, для колеблющегося во времени – 30 мин., разбитых на 3 цикла по 10 минут; для импульсного – 30 минут при общем числе отсчётов 360.

Нормативным документом, регламентирующим предельно допустимые уровни шума, являются санитарные нормы «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки» (СН 2.2.4/2.1.8.562-96).

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА**

Категории напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

*Примечание.* Для тонального и импульсного шума ПДУ на 5 дБА меньше значений, указанных в табл. 1; дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума – 125 дБА.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом категорий тяжести и напряженности труда, представлены в приложении 2.

Градацию условий труда при воздействии на работников шума проводят в соответствии с Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» в зависимости от величины превышения действующих нормативов (табл. 2, приложение 1).

**Классы условий труда в зависимости от уровней шума  
(в соответствии с Р 2.2.2006-05)**

Название фактора, показатель, единица измерения	Классы условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3.	3.4	4
Превышение ПДУ до ... дБ/раз (включительно)						
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ПДУ	5	15	25	35	>35

**Профилактические мероприятия**

В первую очередь профилактические мероприятия направлены на устранение причин возникновения или снижения шума в источнике, ослабление его на путях передачи и защиту рабочего от его воздействия.

Применяются следующие группы мероприятий:

1. Законодательные:

- Трудовой кодекс РФ;
- Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании»;
- Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
- руководящий документ: Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р.2.2.2006-05.

2. Технологические:

- применение дистанционного управления и автоматического контроля;
- замена технологических операций и оборудования на малошумное или полностью бесшумное;
- своевременный ремонт оборудования;
- усовершенствования конструкции или схемы установки;

– изменение режима работы оборудования.

### 3. Санитарно-технические, архитектурно-планировочные:

– применение звукоизолирующего кожуха с нанесением на внутреннюю поверхность вибродемпфирующей мастики, акустических экранов;

– вынос источника шума в отдаление от рабочих мест и применение звукопоглощающих облицовочных материалов;

– для снижения аэродинамического шума используются глушители активного и реактивного типа;

– расположение шумного оборудования в звукоизолирующих камерах;

– оборудование кабин для операторов;

– защита от «ударного» шума достигается за счет использования «плавающих» полов.

### 4. Медико-профилактические:

– предварительные и периодические медицинские осмотры;

– диспансеризация рабочих;

– рациональный режим труда и отдыха с наличием регламентированных дополнительных перерывов с учетом уровня шума, его спектра и наличия СИЗ;

– санаторно-курортное лечение;

– комнаты отдыха;

– применение витамина С 50 мг и витамина В<sub>1</sub> 2 мг. Курсом 2 недели с перерывом в 1 неделю;

– средства индивидуальной защиты органов слуха: внутренние (беруши) и внешние (антифоны), специальная одежда.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1) Шум. Понятие, классификация. Источники на производстве.

2) Особенности биологического действия шума на организм.

Специфическая и неспецифическая шумовая патология.

3) Методы оценки шума. Основные нормативные документы.

4) Меры профилактики при воздействии производственного шума.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ЗАГЛУШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРОТИВОШУМОВ ВОЗРАСТАЕТ ПО МЕРЕ ПЕРЕХОДА
  - 1) от низких тонов к высоким
  - 2) от высоких тонов к низким
  
2. ШУМ С ПРЕОБЛАДАЮЩЕЙ ЧАСТОТОЙ БОЛЕЕ 1000 ГЦ ОТНОСИТСЯ К КЛАССУ ШУМОВ
  - 1) низкочастотных
  - 2) среднечастотных
  - 3) высокочастотных
  
3. ШУМ С ПРЕОБЛАДАЮЩЕЙ ЧАСТОТОЙ 150 – 300 ГЦ ОТНОСИТСЯ К КЛАССУ ШУМОВ
  - 1) низкочастотных
  - 2) среднечастотных
  - 3) высокочастотных
  
4. ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ШУМА ЗА РАБОЧУЮ СМЕНУ НЕ БОЛЕЕ ЧЕМ НА 5 ДБА ОН НАЗЫВАЕТСЯ
  - 1) широкополосным
  - 2) постоянным
  - 3) колеблющимся во времени
  - 4) тональным
  
5. ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ШУМА ЗА РАБОЧУЮ СМЕНУ БОЛЕЕ ЧЕМ НА 5 ДБА ОН НАЗЫВАЕТСЯ
  - 1) широкополосным
  - 2) постоянным
  - 3) тональным
  - 4) непостоянным

6. ДЛЯ БОРЬБЫ С ШУМОМ БОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНЫМ ЯВЛЯЕТСЯ УМЕНЬШЕНИЕ ШУМА
  - 1) в источнике образования
  - 2) по пути распространения
  - 3) путем применения средств индивидуальной защиты
  
7. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ НАРАСТАНИЕМ СИЛЫ ЗВУКА И ЕГО ВОСПРИЯТИЕМ ОРГАНОМ СЛУХА ЯВЛЯЕТСЯ
  - 1) прямо пропорциональная
  - 2) логарифмическая
  - 3) обратно пропорциональная
  
8. УРОВНИ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ОКТАВНЫХ ПОЛОСАХ И ДБА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ НОРМИРУЮТСЯ ДЛЯ ШУМА
  - 1) постоянного
  - 2) прерывистого
  - 3) импульсного
  
9. ФИЗИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ЗВУКА (ШУМА) ОПРЕДЕЛЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ПРИЗНАКИ
  - 1) плотность потока энергии
  - 2) звуковое давление
  - 3) частота
  
10. ШУМЫ ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ
  - 1) на механические
  - 2) на широкополосные
  - 3) на тональные
  - 4) на постоянные

## 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ

**Цель изучаемой темы:** разобрать со студентами гигиеническую характеристику производственной вибрации, её нормирование, воздействие на организм, познакомить с виброизмерительной аппаратурой и методикой измерения, а также мероприятиями по профилактике неблагоприятного воздействия вибрации на организм работающих.

**Вибрация** – это механические колебания упругих частиц с частотой более 1 Гц, которые передаются непосредственно телу человека.

**Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации** – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

**Допустимый уровень вибрации в жилых и общественных зданиях** – это уровень фактора, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к вибрационному воздействию.

**Корректированный уровень вибрации** – одночисловая характеристика вибрации, определяемая как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах частот с учетом октавных поправок.

**Эквивалентный (по энергии) корректированный уровень изменяющейся во времени вибрации** – это корректированный уровень постоянной во времени вибрации, которая имеет такое же среднеквадратичное скорректированное значение виброускорения и/или виброскорости, что и данная непостоянная вибрация в течение определенного интервала времени.

Основные характеристики:

- 1) колебательная скорость:  $V$ , м/с;
- 2) частота колебаний:  $f$ , Гц;

3) среднеквадратичное значение колебательной скорости в соответствующей полосе частот:  $V_C$ , м/с;

4) логарифм, уровень виброскорости при расчётах и нормировании:

$$LV = 20 \lg VC/VO \text{ (дБ)}.$$

## **Классификация вибраций, воздействующих на человека**

### **I. По способу передачи на человека различают:**

– общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;

– локальную вибрацию, передающуюся через руки человека.

*Примечание.* Вибрация, передающаяся на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, относится к локальной вибрации.

### **II. По источнику возникновения вибраций различают:**

– локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием (рукоятки, рулевые колёса, педали);

– локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например рихтовочных молотков разных моделей, и обрабатываемых деталей, которые работающие удерживают в руках;

– общую вибрацию 1 категории – транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности, агрофонам и дорогам (в том числе при их строительстве). К источникам транспортной вибрации относят: тракторы сельскохозяйственные и промышленные, самоходные сельскохозяйственные машины (в том числе комбайны); автомобили грузовые (в том числе тягачи, скреперы, грейдеры, катки и т. д.); снегоочистители, самоходный горно-шахтный рельсовый транспорт;

– общую вибрацию 2 категории – транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхно-

стям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. К источникам транспортно-технологической вибрации относят: экскаваторы (в том числе роторные), краны промышленные и строительные, машины для загрузки (завалочные) мартеновских печей в металлургическом производстве; горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт;

– общую вибрацию 3 категории – технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: станки металлообрабатывающие и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна (в том числе сушилки), оборудование промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности и др.

Общую вибрацию категории 3 (технологическая) по месту действия подразделяют на следующие типы:

а) на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

б) на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию;

в) на рабочих местах в помещениях заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов, в конторских помещениях, рабочих комнатах и других помещениях для работников умственного труда;

– общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внешних источников: городского рельсового транспорта (мелкого залегания и открытые линии метрополитена, трамвай, железнодорожный транспорт) и автотранспорта; промышленных

предприятий и передвижных промышленных установок (при эксплуатации гидравлических и механических прессов, строгальных, вырубных и других металлообрабатывающих механизмов, поршневых компрессоров, бетономешалок, дробилок, строительных машин и др.);

– общую вибрацию в жилых помещениях и общественных зданиях от внутренних источников: инженерно-технического оборудования зданий и бытовых приборов (лифты, вентиляционные системы, насосные, пылесосы, холодильники, стиральные машины и т. п.), а также встроенных приборов торговли (холодильное оборудование), предприятий коммунально-бытового обслуживания, котельных и т. д.

**III. По направлению действия вибрацию** подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат:

– общую вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  где  $X_0$  (от спины к груди) и  $Y_0$  (от правого плеча к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям;  $Z_0$  – вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т. п.;

– локальную вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_{л}$ ,  $Y_{л}$ ,  $Z_{л}$ , где ось  $X_{л}$  параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, лежмента, рулевого колеса, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия и т. п.), ось  $Y_{л}$  перпендикулярна ладони, а ось  $Z_{л}$  лежит в плоскости, образованной осью  $X_{л}$  и направлением подачи или приложения силы (или осью предплечья, когда сила не прикладывается) (рис. 2).

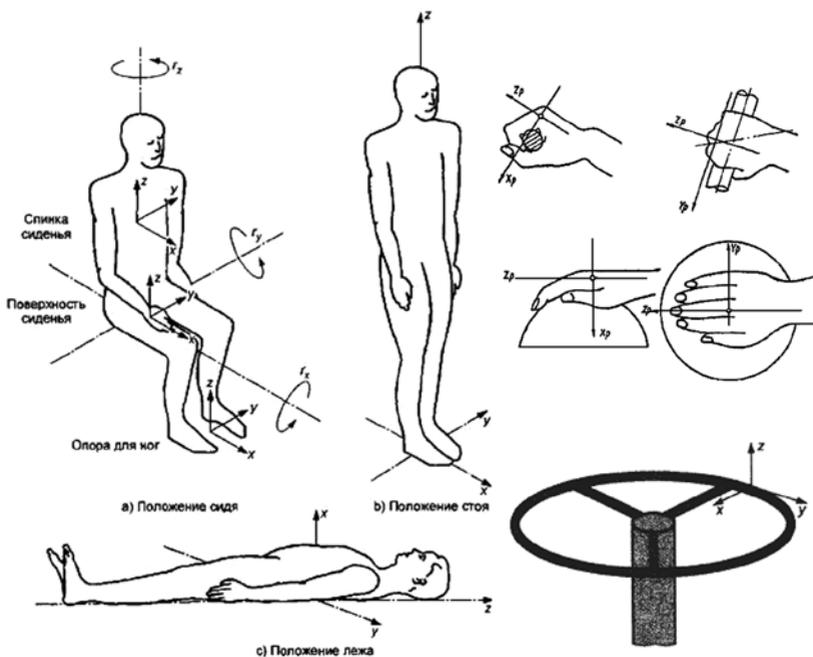


Рис. 2. Направление координатных осей при действии общей и локальной вибрации.

#### IV. По характеру спектра вибрации выделяют:

- узкополосные вибрации, у которых контролируемые параметры в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах;
- широкополосные вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

#### V. По частотному составу вибрации выделяют:

- низкочастотные вибрации (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1 – 4 Гц для общих вибраций, 8 – 16 Гц – для локальных вибраций);
- среднечастотные вибрации (8 – 16 Гц – для общих вибраций, 31,5 – 63 Гц – для локальных вибраций);
- высокочастотные вибрации (31,5 – 63 Гц – для общих вибраций, 125 – 1000 Гц – для локальных вибраций).

## **VI. По временным характеристикам вибрации** выделяют:

– постоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;

– непостоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин. при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

### **Биологическое действие на организм**

При воздействии производственной вибрации выше ПДУ развивается вибрационная болезнь (ВБ). Это профессиональное заболевание, характеризующееся хроническим течением с поражением периферической сосудистой, нервной системы и опорно-двигательного аппарата. Вибрационная болезнь отличается хроническим длительным доброкачественным течением с постепенным нарастанием клинических синдромов, характеризующихся вегетативно-сосудистыми и чувствительными нарушениями, изменениями опорно-двигательного аппарата в месте контакта с вибрацией.

**Патогенез.** Механические колебания воспринимаются рецепторами кожного покрова дистальных отделов рук и подошвенной поверхности стоп и вызывают поражение периферических как немиелинизированных С-волокон, так и миелинизированных нервных волокон. Вибрация оказывает воздействие на вестибулярный аппарат и симпатический отдел нервной системы, регулирующих тонус периферических сосудов. Направленность сосудистых нарушений определяется частотными характеристиками вибрации. Так, при воздействии вибрации в диапазоне частот 35 – 250 Гц на-

блюдается спазм капилляров, а ниже 35 Гц – атония или спастико-атония капилляров. При длительном воздействии локальной низкочастотной вибрации чаще отмечают ангиодистонический синдром и костно-мышечные нарушения, при действии высокочастотной вибрации – преимущественно ангиоспазм и полиневропатию.

Воздействие производственной вибрации приводит к повышению возбудимости  $\alpha$ -адренорецепторов, которые инициируют вазоконстрикцию, и депрессии или блокаде  $\beta$ -адренорецепторов, обеспечивающих вазодилатацию.

При вибрационной болезни повышается выработка вазоконстрикторных факторов: катехоламинов, стрессорных простагландинов, эндотелина-1, и снижение синтеза эндотелиального простациклина, оказывающего сосудорасширяющее действие.

Под влиянием вибрации изменяется транскапиллярный обмен кислорода с развитием тканевой гипоксии и нарушением окислительных процессов, могут меняться реологические свойства крови как за счет изменения концентрации плазменного фибриногена, так и морфометрических показателей эритроцитов и состояния их мембран. Вибрация вызывает снижение деформируемости мембран эритроцитов, изменение свойственной им сферической формы, что способствует дальнейшему усугублению микроциркуляторных расстройств, в первую очередь, на уровне капилляров. Не исключается и прямое повреждающее действие вибрации на интиму сосудов в случае воздействия вибрации, значительно превышающей допустимые уровни.

Развивающаяся под воздействием вибрации длительная ишемия в дистальных отделах конечностей способствует развитию дегенерации аксонов с метаболическими нарушениями в нейронах, что может приводить к дистальному распаду аксонов асимметричного характера. Сильнее процесс выражен в той конечности, которая больше подвергается воздействию вибрации. Сложнорефлекторное влияние вибрации на ЦНС изменяет функциональное состояние различных отделов головного мозга. Нарушение регулирующих влияний ЦНС на сосудистый тонус способствует развитию выраженного ангиоспазма. При воздействии высокочастотной вибрации нарушается регуляция мозгового кровотока (особенно в центрально-теменной области), снижается интенсивность мозгового кровотока в целом.

### **Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации**

1-я стадия – начальная. Стадия обратимая. Характеризуется следующими синдромами:

- периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей с редкими ангиоспазмами пальцев рук;
- синдром вегетативно-сенсорной полинейропатии верхних конечностей.

2-я стадия. Умеренно-выраженные проявления. Характеризуется следующими синдромами:

- периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей с частыми ангиоспазмами и со стойкими вегетотрофическими нарушениями на кистях;
- синдром вегетативно-сенсорной полинейропатии верхних конечностей с частыми ангиоспазмами пальцев; со стойкими вегетативно-трофическими нарушениями на кистях; с дистрофическими нарушениями опорно-двигательного аппарата рук и плечевого пояса (миофиброзы, периартрозы и артрозы); с шейно-плечевой плексопатией; с церебральным ангиодистоническим синдромом.

3-я стадия. Выраженные проявления. Характеризуется следующими синдромами:

- синдром сенсомоторной полинейропатии верхних конечностей;
- синдром энцефалополлинейропатии;
- синдром полинейропатии с генерализованными акроангиоспазмами.

Клинические синдромы и сроки развития ВБ в значительной степени определяются параметрами воздействующей вибрации, зависят от функционального состояния организма работающего, характера вибрации и её сочетания с другими производственными вредностями. Заболевание развивается медленно, постепенно и в начальном периоде протекает бессимптомно. Клиника складывается из периферических вегетативно-сосудистых, чувствительных нарушений, изменений опорно-двигательного аппарата, возникающими, в первую очередь, на руках, в плечевом поясе, а также

нарушений в других системах. При ВБ от воздействия локальной вибрации для начальных проявлений заболевания характерны: периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей с редкими ангиоспазмами пальцев и синдром вегетативной сенсорной полинейропатии верхних конечностей.

**Периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей** На начальных этапах для заболевания типичны нерезко выраженные ноющие, ломящие боли в руках, чаще в состоянии покоя и по ночам; парестезии в виде онемения, «ползания мурашек» преимущественно в кистях; повышенная потливость, зябкость пальцев рук. При осмотре отмечается умеренный акроцианоз и мраморность кистей, гипергидроз ладоней. Могут быть незначительные нарушения поверхностной чувствительности на кистях. Синдром «белых пальцев» или «мёртвых пальцев» (ангиоспазмы пальцев рук или синдром Рейно), для которого характерно приступообразное побеление пальцев рук при воздействии локальной вибрации высоких и средних частот. Побеление вначале развивается при охлаждении – общем или местном (руки), чаще в холодное время года и ограничивается только концевыми фалангами отдельных пальцев, имеет чёткую границу, так называемый ампутиционный тип. Длительность приступа ангиоспазма небольшая и заканчивается спонтанным восстановлением окраски кожных покровов. При ВБ 1-й степени приступы акроангиоспазма редки (несколько раз в год), кратковременны (длительность их не превышает нескольких минут) и могут быть единственным проявлением болезни. При капилляроскопии ногтевого ложа выявляется спастикоатоническое или атоническое состояние капилляров. Характерным признаком является положительная холодовая проба, замедление времени восстановления кожной температуры до исходной на кистях после их охлаждения (до 30 минут), нерезкая гипотермия пальцев рук ( $26 - 25^{\circ}\text{C}$ ), термоасимметрия (более  $1^{\circ}\text{C}$ ), при проведении периферической реовазографии – снижение интенсивности пульсового кровенаполнения, повышение тонуса артериол пальцев кистей, нарушение микроциркуляции.

**Синдром вегетативно-сенсорной полинейропатии** характеризуется диффузными болями в кистях, предплечье, парестезиями

в них в состоянии покоя. При воздействии вибрации низких частот преобладают нарушения поверхностной чувствительности, особенно болевой. Температурная, тактильная, в том числе и вибрационная, чувствительность снижаются менее резко. Мышечно-суставное чувство не страдает.

Для воздействия вибрации высоких и средних частот характерно сочетание чувствительных нарушений по полиневритическому типу в виде «коротких перчаток» с периферическими вегетативно-сосудистыми расстройствами в виде цианоза, гипергидроза, гипотермии кистей. Наблюдается снижение показателей выносливости к статическим усилиям мышц верхних конечностей. При проведении электромиографии отмечается увеличение биоэлектрической активности мышц предплечий в покое, нарушение реципрокных отношений в работе мышц рук при сохранении структуры электромиограммы. По мере прогрессирования заболевания у пациентов, продолжающих работать в контакте с вибрацией, наблюдается усугубление ангиодистонических нарушений. При 2-й стадии ВБ приступы ангиоспазма становятся более частыми (ежедневно, по несколько раз) и продолжительными (до получаса и более), возникают не только при местном охлаждении, но и спонтанно. Побеление рассматривается и на основных фалангах пальцев рук. Синдром вегетативной сенсорной полинейропатии сочетается с дистоническими нарушениями в мышечно-суставном аппарате рук и плечевого пояса. Боли и парестезии становятся почти постоянными, расстройство болевой чувствительности отмечается с уровня локтевых суставов в виде «высоких перчаток», реже плечевых суставов. Повышаются пороги вибрационной чувствительности, кисти становятся ярко-цианотичными. Наблюдаются гипотермия и положительная холоддовая проба. Отечность и пастозность кистей рук приводят к тугоподвижности в суставах по утрам. В мышцах плечевого пояса развиваются вначале миодистонические функциональные нарушения, переходящие у работников при большом стаже работы с вибрацией в сочетании с физическими нагрузками на руки и плечевой пояс в дистрофические. Вибрационная болезнь 2-й стадии может сопровождаться развитием миофиброза, для которого характерны боли в мышцах кистей и предплечий, тонические

судороги в мелких мышцах кистей, повышенная утомляемость рук во время работы. При пальпации мышц предплечий выявляется их болезненность, напряжение и тяжесть. При проведении динамометрии отмечается снижение абсолютной мышечной силы и выносливости мышц к статическому усилию.

К выраженным проявлениям ВБ относится синдром сенсомоторной полинейропатии верхних конечностей, а также сочетание полинейропатии с диффузными дисциркуляторными сосудистыми нарушениями церебрального и периферического характера. Для синдрома сенсомоторной полинейропатии верхних конечностей характерны выраженные диффузные боли, онемение и слабость в руках. Отмечается резкое снижение силы в них, парезы, гипотрофия мелких мышц. В случаях прогрессирования развивается синдром энцефалопалинейропатии и синдром полинейропатии с генерализованными акроангиоспазмами.

### **Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации**

Под действием вибрации происходит деформация и смещение органов и тканей, что приводит к раздражению механорецепторов и нарушает нормальное функционирование различных органов и систем. Под влиянием вибрации низких частот (до 1 – 2 Гц) происходят сдвиги в состоянии вестибулярного анализатора, в частности отолитового аппарата и нервных окончаниях полукружных каналов, что проявляется как состояние укачивания – болезнь движения. Низкочастотная вибрация, особенно резонансного диапазона, вызывает длительную травматизацию межпозвоночных дисков и костной ткани, смещение органов брюшной полости, изменение моторики гладкой мускулатуры желудка и кишечника, может приводить к болевым ощущениям в области поясницы, возникновению и прогрессированию дегенеративных изменений позвоночника.

При воздействии общей вибрации высоких частот (свыше 2 Гц) происходит утомление мышечной системы, и создаются условия для микротравматизации опорно-двигательного аппарата, поскольку мышечная система находится в состоянии напряжения из-за нарушения взаимоотношений между афферентной и

эфферентной импульсацией, а возникающее как компенсаторный механизм напряжение скелетно-мышечной системы способствует распространению вибрации по телу человека.

Установлено, что при воздействии общей вибрации большое значение имеют повышение венозного сопротивления и затруднение венозного оттока, приводящие к венозному полнокровию, увеличению фильтрации жидкости через сосудистую стенку и снижению питания тканей с развитием в дальнейшем периферического ангиодистонического синдрома.

Происходят нарушения белкового (в том числе ферментативного), жирового (особенно холестеринавого), углеводного и витаминного обмена, снижение активности цитохромоксидазы, креатинкиназы, повышение концентрации молочной кислоты в крови, изменение показателей азотистого обмена, снижение альбумин-глобулинового коэффициента, изменение активности коагулирующих и антисвертывающих факторов крови. Выявлено изменение минералокортикоидной функции: понижение концентрации ионов натрия в крови, повышение экскреции солей натрия и снижение – солей калия.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации чаще возникает у механизаторов, водителей грузовых машин, машинистов экскаваторов.

1-я стадия. Характеризуется следующими синдромами:

- ангиодистонический синдром;
- вегетативный вестибулярный синдром;
- синдром **сенсорно или вегетативно-сенсорной**

полинейропатии нижних конечностей.

2-я стадия. Характеризуется следующими синдромами:

- церебрально-периферический ангиодистонический синдром;
- синдром сенсорной полинейропатии в сочетании с полирадикулярными нарушениями, со вторичным пояснично-крестцовым корешковым синдромом, с функциональными нарушениями ЦНС.

3-я стадия – необратимая. В настоящее время в связи с некоторым улучшением условий труда не встречается. Характеризуется следующими синдромами:

- синдром сенсомоторной полинейропатии;
- дисциркуляторная энцефалопатия в сочетании с периферической полинейропатией.

**Синдром полирадикулоневропатии**, характерный для 2-й стадии вибрационной болезни, проявляется болями не только в конечностях, но и в пояснично-крестцовом отделе позвоночного столба с ограничением объема движений, дефансом (напряжением) мышц спины этой области, болезненностью их при пальпации. В дальнейшем могут присоединяться признаки компрессии корешка: боли, онемение и парестезии; угнетение, вплоть до выпадения сухожильных рефлексов в зоне пораженного корешка, положительные симптомы натяжения. Наблюдается сочетание дистальной гипалгезии с корешковым типом ее нарушения. Возможно развитие двигательных расстройств, вплоть до парезов, чаще в зоне иннервации малого берцового нерва.

Воздействие общей вибрации провоцирует **церебральные сосудистые расстройства**: головные боли непостоянного или перманентного характера без четкой локализации, приступы несистемного головокружения, повышенную утомляемость, истощаемость. На реоэнцефалографии выявляется снижение интенсивности пульсового кровенаполнения мозговых артерий, снижение тонуса вен. При радиоизотопной индикации регистрируется негрубое снижение уровня общего мозгового кровотока.

### **Методы диагностики вибрационной болезни**

Первоначальным этапом диагностики является сбор анамнеза, анализ результатов предварительных и периодических медицинских осмотров, уточнение профессионального маршрута больного по копии трудовой книжки или иным документам о трудовой деятельности с расчетом стажа работы в условиях воздействия вибрации. Характер, уровни и спектр воздействующей вибрации, время ее экспозиции, а также наличие других вредных производственных факторов уточняются по санитарно-гигиенической характеристике условий труда в соответствии с профессиональным маршрутом.

Для подтверждения диагноза вибрационной болезни необходимо проведение инструментальных исследований, таких как кожная термометрия, тепловидение, холодовая проба, лазерная флуориметрия, реовазография и ультразвуковая доплерография периферических сосудов, алгезиметрия, паллестезиометрия, электронейромиография (ЭНМГ), исследование вибрационной чувствительности, рентгенография, УЗИ суставов и денситометрия и т. д.

**Кожная термометрия.** Температуру кожи измеряют с помощью электротермометра. Измерение кожной температуры чаще проводится на тыльной поверхности. При ВБ температура снижается до 18 – 20° С. После измерения кожной температуры кисти погружают в воду на 5 минут (температура воды – 8 – 10° С). При побелении пальцев рук пробу считают положительной. Затем оценивают восстановление исходной температуры. У здоровых людей восстановление исходной температуры наступает не позднее, чем за 20 – 25 минут, при ВБ замедленное восстановление до 40 минут и более.

**Капилляроскопия.** Помогает оценить степень изменений в мелких сосудах. Исследуют капилляры ногтевого ложа. Обращают внимание на фон и окраску (в норме фон бледно-розовый, ясный, количество капиллярных петель не менее 8 капилляров в 1 мм).

**Алгезиметрия.** Исследование болевой чувствительности. Метод основан на определении величины погружения иглы, вызывающей болевое ощущение. Находят болевой порог – минимальную величину болевого ощущения. В норме порог болевой чувствительности на тыльной поверхности кисти не превышает погружения иглы на 0,5 мм. У больных ВБ обычно наблюдается значительное повышение порога.

**Вибрационная чувствительность.** Исследование порога вибрационной чувствительности на ладонной поверхности концевой фаланги третьего пальца правой и левой рук. При наличии ВБ отмечается повышение порога на всех частотах с замедленным восстановлением после дачи вибрационной нагрузки. Исследование проводят паллестезиометром или камертоном.

**Сила и выносливость мышц к физическому усилию.** Эти показатели исследуются динамометром. При выраженных формах ВБ отмечается снижение силы до 15 – 20 кг и выносливости до 10 – 15 с.

**Электромиография.** Рекомендуется для исследования сенсорной системы. Запись производят на электромиографе. Регистрируют ЭМГ сгибателей и разгибателей кистей, при общей вибрации мышц шеи и спины. Метод позволяет на ранних стадиях выявить изменения возбудимости и реактивности нейромоторной системы.

**Реовазография.** Позволяет оценить сосудистый тонус и интенсивность пульсового кровенаполнения исследуемой области.

**Метод термографии.** Применяется для диагностики степени выраженности сосудистых нарушений при ВБ. В зависимости от интенсивности теплоизлучения судят о степени нарушения микроциркуляции, терминального кровотока.

**Основные измерительные приборы:** виброметр ВВМ-201-1, К1, ОКТАВА-101ВМ, ВПМ-2 – малогабаритный виброметр, Алгоритм-02, ЭКОФИЗИКА-110В, АССИСТЕНТ V3RT, VDR, Vibro Vision, Атлант, ВВВ, ВК-5М, Диана, Корсар (Россия); Polytec, AC-6400, ВК-5М, Metrix SH-2000, Опал, Оникс, Soundbook (Украина); SVAN 946 (Польша).

### **Методика измерения и нормирование вибрации**

Основополагающими стандартами по вибрационной безопасности, которые устанавливают общие понятия и правила обеспечения вибрационной безопасности, измеряемые величины, общие методы измерения и оценки вибрации и распространяются на различные условия ее воздействия на человека, являются ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования, ГОСТ 31191.1-2004 Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования, ГОСТ 31192.1-2004 Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования.

Действующие санитарные нормы и гигиенические критерии в качестве нормируемых величин используют виброускорение и виброскорость.

При измерениях вибрации на рабочих местах вибрационный сигнал пропускается через специальные фильтры, которые выде-

ляют частотные области, существенные для оценки вибрационного воздействия на человеческий организм. Традиционно для этого используются октавные и третьоктавные фильтры, а также корректирующие фильтры.

**Октавой** называют полосу частот, у которой верхний предел в два раза выше нижнего. **Третьоктавой** называют полосу частот, у которой отношение верхнего предела к нижнему равно  $2^{1/3}$ .

Для санитарно-гигиенической оценки производственной вибрации необходимо:

1. Выделить отдельные операции, из которых складывается смена для обследуемого рабочего места.

2. Выбрать те операции, во время которых испытуемый подвергается вибрационному воздействию.

3. Провести измерение эквивалентного скорректированного уровня вибрации (если нужно, то также эквивалентных уровней вибрации в октавных полосах частот 8 Гц – 1000 Гц) для каждой операции  $L_{экв, i}$  ( $i$  – номер операции).

4. Оценить типичную продолжительность  $T_i$  каждой операции (хронометраж или расчет) в течение рабочей смены.

5. Рассчитать эквивалентный уровень виброускорения для 8-часового воздействия.

Машины и оборудование должны работать в паспортном или типовом технологическом режиме по скорости, нагрузке, выполняемой операции, обрабатываемому объекту. При контроле общей вибрации должны быть включены все источники, передающие вибрацию на рабочее место.

Точки измерения, т. е. места установки вибродатчиков, должны располагаться на вибрирующей поверхности в местах, предназначенных для контакта с телом оператора: 1) на сиденье, рабочей площадке, педалях, полу рабочей зоны оператора и обслуживающего персонала; 2) в местах контакта рук работающего с рукоятками, рычагами управления.

Вибродатчик должен крепиться способом, указанным в заводской инструкции. При измерении общей вибрации на площадках с твёрдым покрытием (асфальт, бетон, металлические плиты) или сиденьях без упругих облицовок вибродатчик должен крепиться

непосредственно к этим поверхностям на резьбе, магните, мастиках. Кроме того, вибродатчик может крепиться на резьбе (или с помощью магнита) к жесткому стальному диску (диаметром 200 мм и толщиной 4 мм), который размещается между полом и ногами стоящего человека или сиденьем и корпусом сидящего человека. При измерении локальной вибрации предпочтительно укреплять датчик в точках контроля на резьбе, хотя допускается крепление и с помощью металлического элемента в виде зажима, хомута.

В каждой точке контроля вибродатчик устанавливают на гладкой ровной площадке последовательно по трём взаимно перпендикулярным направлениям (осям X, Y, Z).

После установки вибродатчика в выбранной точке контроля включают виброметр, последовательно устанавливая ручки:

- на «скорость» или «ускорение»;
- на «постоянную» времени стрелочного прибора виброметра («медленно», 1,3; 10 или 30 с). Общую вибрацию рекомендуется измерять с постоянного времени не менее 10 с, локальную – не менее 1 с;
- на октавные фильтры или скорректированные значения;
- на необходимый диапазон измерения для получения отсчётов.

Показания прибора снимают через равные промежутки времени. Общее количество отсчётов для локальной вибрации должно быть не менее 3, для общей вибрации технологической – не менее 6, для общей транспортной и транспортно-технологической – не менее 30. После проведения необходимого количества замеров в точке измерения в качестве определяющего значения уровня вибрации берут средние величины.

Гигиеническую оценку постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, производят следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на работающих, является **частотный анализ**.

Измерения проводят:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 Гц.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости и виброускорения или их логарифмические уровни, измеряемые в  $1/1$  и третьоктавных полосах частот.

Этот метод позволяет определить характер спектра вибрации (низко-, средне- и высокочастотный), определяющий специфику влияния вибрации на организм человека.

При **интегральной оценке по частоте** нормируемым параметром является скорректированное значение виброскорости и виброускорения – определяют как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах частот с учетом октавных поправок. Этот метод менее информативный, чем метод частотного анализа вибрации.

При **интегральной оценке вибрации с учетом времени ее воздействия** по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения (метод используют для непостоянных вибраций с учетом времени воздействия вибрации в течение смены).

Этот метод позволяет получить одночисловую характеристику следующими способами:

- расчетом эквивалентного скорректированного значения по измеренному (или рассчитанному) скорректированному значению и данным хронометража;
- инструментальным измерением эквивалентного скорректированного значения.

Определенные скорректированные и эквивалентно скорректированные уровни вибрации сравнивают с величинами действу-

ющих нормативов и далее по превышению ПДУ определяют степень вредности и опасности условий труда в соответствии с Р. 2.2. 2006-05 (табл. 3).

Таблица 3

**Классы условий труда в зависимости от уровней локальной и общей вибрации (в соответствии с Р. 2.2. 2006-05)**

Название фактора	Класс условий труда					
	допустимые	вредные				опасные
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	<i>Превышение ПДУ до ... дБ/раз (включительно)</i>					
Общая вибрация, дБ/раз	≤ПДУ	6/2	12/4	18/6	24/8	>24 дБ
Локальная вибрация, дБ/раз	≤ПДУ	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4	>12 дБ

По результатам оценки условий труда дают предписание о необходимости проведения мероприятий по снижению неблагоприятного влияния вибрации.

**Профилактические мероприятия**

Для профилактики неблагоприятного воздействия вибрации на организм могут применяться следующие основные группы мероприятий:

1. Законодательные:
  - Трудовой кодекс РФ;
  - Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
  - СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»;
  - СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»;

– Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

## 2. Технологические:

– замена оборудования на новое и его своевременный ремонт;  
– использование при работе только исправных и отрегулированных инструментов с виброзащитой;

– при возможности должен быть предусмотрен подогрев рукояток, они должны иметь виброизолирующее покрытие с коэффициентом теплоотдачи не более  $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$ , а также их конструкция должна исключать возможность обдува рук работников выхлопом сжатого воздуха или отработавшими газами и попадание их в зону дыхания работника;

– максимальное снижение массы инструмента для снижения физической тяжести работ (использование поликомпозиционных материалов, магниевых сплавов) снижает риск вибрационных нарушений.

Масса ручного инструмента в сборе (включая массу вставного инструмента, присоединяемых рукояток, шлангов) не должна превышать:

– для инструмента общего назначения, используемых для работы при различной ориентации в пространстве – более 5 кг;

– для инструментов специального назначения используемых при выполнении работ вертикально вниз и горизонтально – не более 10 кг;

Вес ручного инструмента или его частей, воспринимаемый руками оператора в процессе работы, не должен превышать 100 ньютон (Н). В случае превышения указанных норм необходимо применение поддерживающих устройств.

– усилие нажатия не должно превышать для одноручной машины 100 Н, для двуручной – 150 Н. Усилие нажатия пусковых устройств не должно превышать 10 Н.

Усилие обхвата или удержания, прикладываемое при работе к инструменту, в значительной степени является индивидуальной характеристикой используемых приёмов работы и мастерства оператора и в связи с этим не регламентируется. Рекомендуемые максимальные величины усилий обхвата – 40 Н для правой руки и 20 Н для левой руки.

### 3. Санитарно-технические.

В соответствии с СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ» запрещено применение ручных инструментов, генерирующих уровни вибрации, с превышением ПДУ вибрации более чем на 12 дБ и предусмотрена защита временем с обязательным применением средств индивидуальной защиты. Защита временем заключается в общем ограничении времени воздействия вибрации в течение рабочей смены, ограничение длительности непрерывного одноразового воздействия вибрации, рациональное распределение работ с виброинструментами в течение рабочей смены (режимы труда с введением регулярно повторяющихся перерывов), рациональное использование регламентированных перерывов (в зимний период и переходные периоды года перерывы должны использоваться для обогрева работников).

Меры коллективной защиты.

Виброзащита рабочих мест, устройства виброизолирующих систем должны устраиваться виброизолирующие фундаменты с применением цилиндрических пружин, подшаботных прокладок, рессор и т. п., при меньших динамических нагрузках – равночастотные резинометаллические амортизаторы, резиновые элементы и т. п.

У виброактивного оборудования с рабочим местом «стоя» следует использовать виброизолирующие площадки и коврики, а с рабочим местом «сидя» – виброизолированные сидения, например, на тросовых упругих элементах и т. п.

Защита от переохлаждения (помещение для обогрева, отдыха и укрытия от неблагоприятных метеорологических условий).

Защита расстоянием – архитектурно-планировочные решения – вынос источника вибрации в отдаление от рабочих мест.

### 4. Медико-профилактические:

- предварительные и периодические медицинские осмотры;
- средства индивидуальной защиты (антивибрационные рукавицы и т. п.; при работах в условиях обводненности и охлаждающего действия воды следует применять водонепроницаемую одежду, обувь, водонепроницаемые утепленные рукавицы и т. п.) в соответствии с ГОСТ Р 12.4.208-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слу-

ха. Наушники. Общие технические требования. Методы испытаний»; ГОСТ Р 12.4.209-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Вкладыши. Общие технические требования. Методы испытаний»; ГОСТ Р 12.4.210-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумные наушники, смонтированные с защитной каской. Общие технические требования. Методы испытаний»;

- режим труда и отдыха: обеденный перерыв не менее 40 минут, первый регламентированный перерыв устанавливают продолжительностью 20 мин. через 1 – 2 ч после начала смены, второй – 30 мин. через 2 ч после обеденного перерыва. Время одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы длительностью до 30 с, не должно превышать 10 – 15 мин. В режимах труда целесообразно предусматривать соотношение продолжительности одноразового непрерывного воздействия вибрации ко времени последующего перерыва в воздействии вибрации 1:1; 1:2; 1:3 и т. д.

- санаторно-курортное лечение при отсутствии противопоказаний;

- физические упражнения для смены статической нагрузки динамической;

- массаж спины, рук и ног для снятия статического напряжения и нормализации кровообращения;

- гидропроцедуры (гидромассаж рук и ног, тепловые гидропроцедуры);

- воздушный обогрев рук с микромассажем;

- в помещениях для отдыха и психологической разгрузки следует использовать кресла с подголовниками, подлокотниками и подставками для ног.

Тепловые процедуры применяются для предупреждения спазма мелких кровеносных сосудов, возникающего под воздействием высокочастотной вибрации. Они проводятся во второй половине смены, ближе к концу рабочего дня. Время проведения водных процедур 8 – 10 минут, температура воды 37 – 38° С.

Процедуры суховоздушного обогрева с микромассажем рук. Процедура основана на активном воздействии на кисти рук тепло-

го, сжатого воздуха с одновременным массажем кожи элементами гранулированной загрузки (гранулы из плотного и лёгкого материала, например, из полистерола, диаметром 2 мм). Процедура проводится один раз в день – для малостажированных (менее 5 лет) рабочих в первой половине дня; для стажированных (более 5 лет) – во второй половине дня. Длительность процедуры для малостажированных рабочих – 10 минут, для стажированных – 15 минут. При проведении процедуры следует равномерно вращать кистями рук для обработки гранулами и обогрева ладонной и тыльной поверхности кистей рук.

УФ-облучение проводят в фотарии, оно способствует повышению сопротивляемости организма к различным заболеваниям. В течение года предусматривается 2 курса облучения: в октябре – ноябре и феврале – марте. Курс состоит из 20 облучений, которые проводят ежедневно в дни работы или через день.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

- 1) Вибрация. Понятие, классификация. Источники вибрации на производстве.
- 2) Гигиеническая характеристика вибрации.
- 3) Особенности биологического действия вибрации. Вибрационная болезнь, патогенез, клиника.
- 4) Принципы гигиенической регламентации производственной вибрации. Основные нормативные документы.
- 5) Меры профилактики при воздействии вибрации.

### **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ВИБРАЦИОННАЯ БОЛЕЗНЬ У ЖЕНЩИН ПО СРАВНЕНИЮ С МУЖЧИНАМИ
  - 1) имеет меньший латентный период
  - 2) возникает при меньших уровнях вибрации
  - 3) не имеет тенденции к прогрессированию

2. ПОРОГИ ВИБРАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У РАБОТАЮЩИХ С ВИБРОИНСТРУМЕНТОМ ОКАЗЫВАЮТСЯ ОБЫЧНО
  - 1) пониженными
  - 2) повышенными
  
3. ВИБРАЦИЯ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВРЕДНОСТЬ – ЭТО
  - 1) механические колебания воздушной среды, воспринимаемые в процессе производственной деятельности
  - 2) механические колебания, воспринимаемые при контакте с колеблющимся телом в процессе производственной деятельности
  - 3) электромагнитные колебания, воспринимаемые человеком в процессе трудовой деятельности
  
4. ПРИ РАЗВИТИИ ВИБРАЦИОННОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТАЮЩИХ ТЕМПЕРАТУРНАЯ И ТАКТИЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НАРУШАЕТСЯ
  - 1) редко
  - 2) часто
  
5. СИМПТОМ ВЕСТИБУЛОПАТИИ НАИБОЛЕЕ ЧАСТО НАБЛЮДАЕТСЯ У РАБОТАЮЩИХ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВИБРАЦИИ
  - 1) местной
  - 2) общей
  
6. ДЛЯ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСТОЯННОЙ ВИБРАЦИИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОСНОВНЫМ ЯВЛЯЕТСЯ МЕТОД
  - 1) спектральный и коррелированный по частоте уровень виброскорости (дБ)
  - 2) эквивалентный (по энергии) уровень виброскорости (дБ), т. е. дозный

7. ПРИ ИЗМЕРЕНИИ И ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
  - 1) скорость, м/с
  - 2) ускорение, м/с<sup>2</sup>
  - 3) уровень скорости, дБ
  - 4) уровень ускорения, дБ
  - 5) амплитуда, мм
  
8. ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНТЕНСИВНОЙ ВИБРАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ НА РУКИ, У РАБОТАЮЩИХ РАЗВИВАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ СИМПТОМЫ
  - 1) сильные боли в руках
  - 2) спазм капилляров, пожелтение пальцев
  - 3) снижение мышечной силы
  - 4) повышение тактильной чувствительности
  - 5) снижение вибрационной чувствительности
  
9. РАЗВИТИЮ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ У РАБОТАЮЩИХ С РУЧНЫМ МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ СПОСОБСТВУЮТ (КРОМЕ ИНТЕНСИВНОЙ ВИБРАЦИИ) СЛЕДУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ
  - 1) пыль обрабатываемого объекта
  - 2) тяжесть работы
  - 3) напряженность работы
  - 4) низкие температуры воздуха
  
10. САНИТАРНЫЕ НОРМЫ ВИБРАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ УСТАНОВЛИВАЮТ ДОПУСТИМУЮ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВИБРАЦИИ С УЧЕТОМ
  - 1) источника вибрации
  - 2) направления вибрации
  - 3) частоты вибрации
  - 4) тяжести работы
  - 5) времени года

### 3. УЛЬТРАЗВУК

**Цель изучаемой темы:** разобрать со студентами гигиеническую характеристику ультразвука, его воздействие на организм, принципы нормирования, познакомить с измерительной аппаратурой и методикой измерения.

**Ультразвук** – упругие колебания и волны с частотой выше 20 кГц, не слышимые человеческим ухом. Обычно ультразвуковым диапазоном считают полосу частот от 20 000 до нескольких миллиардов Гц.

Некоторые животные, например летучие мыши, могут воспринимать и издавать ультразвук. Частично воспринимают ультразвук грызуны, кошки, собаки, киты, дельфины.

Ультразвуковые волны по своей природе не отличаются от упругих волн слышимого диапазона. Распространение ультразвука подчиняется основным законам, общим для акустических волн любого диапазона частот. К основным законам распространения ультразвука относятся:

- законы отражения и преломления на границах различных сред;
- дифракция и рассеяние ультразвука при наличии препятствий и неоднородностей на границах;
- законы волноводного распространения в ограниченных участках среды.

Вместе с тем высокая частота ультразвуковых колебаний и малая длина волн обуславливают ряд специфических свойств, присущих только ультразвуку.

Во-первых, это возможность визуального наблюдения ультразвуковых волн оптическими методами. Благодаря малой длине волны ультразвуковые волны хорошо фокусируются, и, следовательно, возможно получение направленного излучения. Во-вторых, это возможность получения высоких значений интенсивности при относительно небольших амплитудах колебаний. В-третьих, по мере распространения ультразвуковой волны в заданном направлении происходит уменьшение ее амплитуды и интенсивности, что объясняется рассеиванием и поглощением ультразвука, переходом ультразвуковой энергии в другие формы, в том числе в тепловую.

Ультразвук сильно поглощается газами и слабо жидкостями. В смешанной среде жидкость-газ возникает явление кавитации. В жидкости под воздействием ультразвука образуются пустоты в виде мельчайших пузырьков, наполненных парами жидкости или газа, с кратковременным возрастанием давления внутри них. Разрыв пузырьков сопровождается выделением большого количества энергии. Эффект усиливается с увеличением мощности ультразвука.

Кроме того, ультразвуковые волны ускоряют протекание процессов диффузии (взаимопроникновения двух сред друг в друга), существенно влияют на растворимость вещества и в целом на ход химических реакций. Эти свойства ультразвука и особенности его взаимодействия со средой обуславливают его широкое техническое и медицинское использование.

### **Применение ультразвука**

Впервые идея практического использования ультразвука возникла, как известно, в первой половине прошедшего века в связи с разработкой методов и приборов для обнаружения в глубине моря различных объектов: подводных лодок, рифов, подводных частей айсбергов и т. д. Это было вызвано, прежде всего, гибелью в 1912 г. «Титаника» и начавшимся участием подводных лодок в военных операциях во время Первой мировой войны.

Источники ультразвука – это все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппаратура промышленного, медицинского, бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 18 кГц до 100 МГц и выше. К источникам ультразвука относится также оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор.

К техногенным источникам ультразвука относятся все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппаратура промышленного, медицинского, бытового назначения. К источникам ультразвука относится также оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор.

Основными элементами ультразвуковой техники являются ультразвуковые преобразователи и генераторы.

Ультразвуковые преобразователи в зависимости от вида потребляемой энергии подразделяются на механические (ультразвуковые свистки, сирены) и электромеханические (магнитострикционные, пьезоэлектрические, электродинамические). Механические и магнитострикционные преобразователи используются для генерации низкочастотного ультразвука, а пьезоэлектрические преобразователи позволяют получать ультразвуки высокой частоты – до  $10^9$  Гц.

Ультразвуковые генераторы предназначены для преобразования тока промышленной частоты в ток высокой частоты и для питания электроакустических систем.

В настоящее время ультразвук широко применяется в разных отраслях хозяйства: машиностроении, металлургии, химии, радиоэлектронике, строительстве, геологии, легкой и пищевой промышленности, рыбном промысле, медицине и т. д.

Среди многообразия способов применения ультразвука с гигиенических позиций выделяют два основных направления:

1) применение низкочастотных (до 100 кГц) ультразвуковых колебаний, распространяющихся контактным и воздушным путем, для активного воздействия на вещества и технологические процессы – очистка, обеззараживание, сварка, пайка, механическая и термическая обработка материалов, коагуляция аэрозолей; в медицине – ультразвуковой хирургический инструментарий, установки для стерилизации рук медперсонала, различных предметов и др.;

2) применение высокочастотных (100 кГц – 100 МГц и выше) ультразвуковых колебаний, распространяющихся исключительно контактным путем, для неразрушающего контроля и измерений; в медицине – диагностика и лечение различных заболеваний.

Среди всех работающих в условиях неблагоприятного воздействия ультразвука 60 – 70% составляют дефектоскописты, операторы очистных, сварочных, оградочных агрегатов, врачи ультразвуковых исследований (УЗИ), физиотерапевты, хирурги и др.

Медицина. В лечебно-профилактических учреждениях используется ультразвуковая физиотерапевтическая аппаратура, при диагностическом сканировании – ручные ультразвуковые датчики, в

лечебной практике – ультразвуковая хирургическая аппаратура и оборудование для лечения заболеваний нервной системы и опорно-двигательного аппарата, стоматологических, урологических, гинекологических, офтальмологических и другие заболеваний.

При действии ультразвуковых волн погибают многие виды микроорганизмов, что позволяет использовать ультразвук для очистки воды, стерилизации инструментов.

Высокочастотные радиоволны в сочетании с ультразвуковыми волнами используются для разрушения опухолей печени.

#### Получение новых материалов.

В настоящее время чрезвычайно актуальна разработка методов изготовления нанокерамики – современного материала, обладающего ценными механическими и электрофизическими свойствами, стойкостью к коррозии и износу, жаропрочностью. Нанокерамику применяют в машиностроении, аэрокосмической технике, при изготовлении различных датчиков, электронных схем.

Дефектоскопия. Является одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля. Звуковые волны не изменяют траектории движения в однородном материале. Отражение акустических волн происходит от раздела сред с различными удельными акустическими сопротивлениями. Чем больше различаются акустические сопротивления, тем большая часть звуковых волн отражается от границы раздела сред. Ультразвуковое исследование не разрушает и не повреждает исследуемый образец, что является его главным преимуществом. Возможно проводить контроль изделий из разнообразных материалов, как металлов, так и неметаллов. Кроме того, можно выделить высокую скорость исследования при низкой стоимости и опасности для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией) и высокую мобильность ультразвукового дефектоскопа. Применяется для поиска дефектов материала (поры, различные включения, неоднородная структура и пр.) и контроля качества проведения работ – сварка, пайка, склейка и пр. Ультразвуковой контроль является обязательной процедурой при изготовлении и эксплуатации многих ответственных изделий, таких как части авиационных двигателей, трубопроводы атомных реакторов или железнодорожные рельсы.

Ультразвуковые технологии нашли удачное решение проблемы износа механизмов. При взаимодействии ультразвука с поверхностью детали сглаживаются вершины микронеровностей, и значительно упрочняется поверхностный слой. Использование ультразвука исключает в ряде случаев необходимость применения шлифовальных станков, уменьшает трудо- и энергозатраты, делает воздух в помещениях чище, так как обработка деталей ведется без абразивных материалов. И самое главное – эти детали изнашиваются медленнее, их надежность повышается в несколько раз.

Сельское хозяйство. В сельском хозяйстве при помощи ультразвука производится предпосевная обработка семян для повышения урожайности растений и их сопротивляемости заболеваниям.

Гидролокация. Использование заключается в определении расстояния до тела, находящегося в толще воды, по измерению промежутка времени между посылкой ультразвукового сигнала и приемом эхо-сигнала, возникающего в результате отражения ультразвука от тела. В гидролокации используется поглощение ультразвука жидкостями.

### **Гигиеническая классификация ультразвука**

**I. По способу распространения ультразвуковых колебаний** выделяют:

– контактный способ – ультразвук распространяется при соприкосновении рук или других частей тела человека с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями, приспособлениями для их удержания, озвученными жидкостями, сканерами медицинских диагностических приборов, физиотерапевтической и хирургической ультразвуковой аппаратуры и т. д.;

– воздушный способ – ультразвук распространяется по воздуху.

**II. По типу источников ультразвуковых колебаний** выделяют:

– ручные источники;

– стационарные источники.

**III. По спектральным характеристикам ультразвуковых колебаний** выделяют:

– низкочастотный ультразвук – 16 – 63 кГц (указаны среднегеометрические частоты октавных полос);

- среднечастотный ультразвук – 125 – 250 кГц;
- высокочастотный ультразвук – 1,0 – 31,5 МГц.

**IV. По режиму генерирования ультразвуковых колебаний** выделяют:

- постоянный ультразвук;
- импульсный ультразвук.

**V. По способу излучения ультразвуковых колебаний** выделяют:

- источники ультразвука с магнитострикционным генератором;
- источники ультразвука с пьезоэлектрическим генератором.

### **Биологическое действие ультразвука**

Ультразвуковые волны способны вызывать разнонаправленные биологические эффекты, характер которых определяется интенсивностью ультразвуковых колебаний, частоты, временными параметрами колебаний (постоянный, импульсный), длительностью воздействия, чувствительностью тканей. Чем больше частота ультразвуковых колебаний, тем больше энергии поглощается тканями и меньше глубина проникновения в ткани.

В зависимости от интенсивности контактного ультразвука различают три основных типа его действия:

1) ультразвук низкой интенсивности (до  $1,5 \text{ Вт/см}^2$ ) способствует ускорению обменных процессов в организме, легкому нагреву, микромассажу и т. д. Малые экспозиции ультразвука рассматриваются как физиологический катализатор;

2) ультразвук средней интенсивности ( $1,5 - 3,0 \text{ Вт/см}^2$ ) вызывает обратимые реакции угнетения, в частности нервной ткани;

3) ультразвук высокой интенсивности вызывает необратимые угнетения, переходящие в процесс полного разрушения тканей.

Ультразвуковые колебания, генерируемые в импульсном режиме, оказывают менее выраженное физиологическое действие с большей мягкостью и длительностью проявления эффектов.

Воздействие ультразвука на биологические структуры обусловлено целым рядом факторов. Эффекты, вызываемые ультразвуком, условно подразделяются на:

- механические, вызываемые закономерным смещением среды, радиационным давлением и т. д.;

– физико-химические, связанные с ускорением процессов диффузии через биологические мембраны, изменением скорости биологических реакций;

– термические, являющиеся следствием выделения тепла при поглощении тканями ультразвуковой энергии;

– эфффекты, связанные с возникновением в тканях ультразвуковой кавитации (образование с последующим захлопыванием парогазовых пузырьков в среде под действием ультразвука).

Происходящие под действием ультразвука (воздушного и контактного) изменения подчиняются общей закономерности: малые интенсивности стимулируют, активируют, средние и большие угнетают, тормозят и могут полностью подавлять функции.

Данные о действии высокочастотного ультразвука на организм человека свидетельствуют о полиморфных и сложных изменениях, происходящих почти во всех тканях, органах и системах.

При систематическом воздействии интенсивного низкочастотного ультразвука с уровнями, превышающими предельно допустимые, у работающих могут наблюдаться функциональные изменения центральной и периферической нервной системы, сердечно-сосудистой, эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов, а также гуморальные нарушения.

Наиболее характерным является наличие вегето-сосудистой дистонии и астенического синдрома. Рабочие могут предъявлять жалобы на головную боль, головокружение, общую слабость, быструю утомляемость, расстройство сна, сонливость днем, раздражительность, ухудшение памяти, повышенную чувствительность к звукам, боязнь яркого света. Встречаются также жалобы на похолодание конечностей, приступы бледности или покраснения лица, нередко жалобы диспепсического характера.

По сравнению с высокочастотным шумом ультразвук слабее влияет на слуховую функцию, но вызывает более выраженные отклонения от нормы со стороны вестибулярной функции.

У операторов ультразвуковой дефектоскопии повышена частота гемодинамических нарушений глаза преимущественно в виде гипотонического состояния, проявляющегося атонией вен, венул, капилляров переднего отдела глазного яблока, снижением ретинального давления, гипотонической ангиопатией сетчатки.

Среди работающих с источниками контактного ультразвука наблюдаются изменения сердечно-сосудистой деятельности: брадикардии, аритмии.

Большое число исследований посвящено изучению сосудистых реакций организма на воздействие ультразвука при контактной передаче. Установлено, что малые дозы высокочастотного ультразвука ( $0,2 - 1,0 \text{ Вт/см}^2$ ) вызывают сосудорасширяющий эффект, большие дозы ( $3 \text{ Вт/см}^2$  и выше) – сосудосуживающий эффект. Снижение сосудистого тонуса и расширение сосудов отмечается не только в области, подвергающейся воздействию ультразвука, но и на симметричных участках, что позволяет говорить о важной роли нервно-рефлекторных механизмов в формировании ответной реакции на действие ультразвука.

Воздействие ультразвука на организм сопровождается биохимическими изменениями: уменьшается количество белков в сыворотке крови, интенсифицируется обмен углеводов, увеличивается содержание в крови связанного билирубина, снижается активность ферментов, в частности каталазы крови, увеличивается уровень адренокортикотропного гормона в плазме крови. Стимулирующее действие на ферментативные процессы в тканях оказывает ультразвук интенсивностью  $0,1 - 0,3 \text{ Вт/см}^2$ .

Изучение противоопухолевого действия высокочастотного ультразвука показало, что высокие интенсивности ультразвука ( $3,0 - 10,0 \text{ Вт/см}^2$ ) способствуют разрушению опухолевых клеток, тормозят рост опухолей.

При воздействии высокочастотного ультразвука на костную ткань отмечается нарушение минерального обмена – уменьшается содержание солей кальция в костях.

Общеребральные нарушения часто сочетаются с явлениями умеренного вегетативного полиневрита рук. Это обусловлено тем, что наряду с общим воздействием ультразвука на организм работающих через воздух низкочастотный ультразвук оказывает локальное действие при соприкосновении с обрабатываемыми деталями и средами или с ручными источниками.

Систематический, даже кратковременный контакт с жидкими и твердыми средами, в которых возбуждены ультразвуковые колебания, заметно усиливает действие воздушного ультразвука.

Высокочастотный контактный ультразвук вследствие малой длины практически не распространяется в воздухе и оказывает воздействие на работающих только при контакте источника ультразвука с поверхностью тела. Изменения, вызванные действием контактного ультразвука, обычно более выражены в зоне контакта, чаще – это пальцы рук, кисти, хотя не исключается возможность дистальных проявлений за счёт рефлекторных и нейрогуморальных связей. Длительная работа с ультразвуком при контактной передаче на руки вызывает поражение периферического нервососудистого аппарата, причём степень выраженности изменений зависит от интенсивности ультразвука, времени озвучивания и площади контакта, то есть ультразвуковой экспозиции, и может усиливаться при наличии сопутствующих факторов производственной среды, усугубляющих факторов производственной среды, усугубляющих его действие (воздушный ультразвук, локальное и общее охлаждение, различные виды масел, статическое напряжение мышц).

При воздействии контактного ультразвука развивается **вегетосенсорная полинейропатия рук (ангионевроз)**, которая внесена в список профзаболеваний.

Изучая особенности вегетативного полиневрита рук при воздействии низкочастотного и высокочастотного ультразвука, отмечается, что в первом случае вегетативно-сосудистые нарушения наступают (при одинаковом стаже работы), как правило, раньше и характеризуются наличием трофических расстройств, распространяющихся на мышечную ткань с последующей гипертрофией мышц кисти. Биологическое действие ультразвуковых колебаний при контактной передаче обусловлено влиянием на нервно-рецепторный аппарат кожи с последующим включением рефлекторных, нейрогуморальных связей и определяется механическими и физико-химическими факторами. Роль термического и кавитационного компонентов незначительна.

Первые признаки заболевания появляются через 5 – 8 лет работы. Работники жалуются на чувство онемения, ощущение покалывания, ползания мурашек и другие парестезии в пальцах рук, повышенную чувствительность к холоду. Затем присоединяются не-

резкие боли в кистях, нарушение болевой чувствительности полиневритического типа в виде «перчаток», реже – от локтевых суставов. Отмечают похолодание, мраморность и цианоз кистей, гипергидроз ладоней, может выявляться пастозность и отечность кистей, тугоподвижность пальцев рук по утрам, сглаженность кожного рисунка на кончиках пальцев рук, ломкость ногтей.

Наряду с изменениями нейромышечного аппарата у лиц, работающих с источниками контактного ультразвука, выявляются изменения костной структуры в виде остеопороза, остеосклероза дистальных отделов фаланг кистей, а также некоторые другие изменения дегенеративно-дистрофического характера.

### **Нормирование ультразвука**

Разработанная система гигиенической регламентации ультразвука нашла отражение в санитарных нормах и правилах СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Эти нормы и правила не распространяются на лиц (пациентов), подвергающихся воздействию ультразвука в лечебно-диагностических целях.

ГОСТ 12.1.001-89 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности» устанавливают нормативы только для работающих.

Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в децибелах в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16 000; 31 500 кГц.

**Предельно допустимый уровень (ПДУ) ультразвука** – это уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здо-

ровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ ультразвука не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных людей.

**Допустимый уровень ультразвука в жилых и общественных зданиях** – это уровень фактора, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к ультразвуковому воздействию.

Кроме санитарных правил и норм разработан ряд нормативно-методических документов, регламентирующих, в частности, условия труда медработников, использующих ультразвуковые источники в виде аппаратуры, оборудования или инструментария – «Гигиенические рекомендации по оптимизации и оздоровлению условий труда медработников, занятых ультразвуковой диагностикой» № 3939-85.

### **Требования к измерению ультразвука на рабочих местах**

Измерение уровней ультразвука следует проводить в нормируемом частотном диапазоне с верхней граничной частотой не ниже рабочей частоты источника (оборудования).

Измерение уровней ультразвука следует проводить при типичных условиях эксплуатации его источников, характеризующихся наиболее высокой интенсивностью генерируемых ультразвуковых колебаний.

Точки измерения воздушного ультразвука на рабочем месте или в бытовых условиях должны быть расположены на высоте 1,5 м от уровня основания (пола, площадки), на котором выполняются работы с ультразвуковым источником любого назначения в положении стоя или на уровне головы, если работа выполняется в положении сидя, на расстоянии 5 см от уха и на расстоянии не менее 50 см от человека, проводящего измерения.

Измерения необходимо выполнять не менее трех раз в каждой третьоктавной полосе для одной точки и затем вычислять среднее значение. Результаты измерений должны характеризовать воздействие ультразвука за время рабочей смены.

Аппаратура, применяемая для измерения уровня звукового давления, должна состоять из измерительного микрофона, электрической цепи с линейной характеристикой, третьоктавного фильтра и измерительного прибора. Аппаратура должна иметь характеристику «Лин» и временную характеристику «медленно».

Измерение уровней контактного ультразвука в зоне контакта с твердой средой следует проводить в зоне максимальных амплитуд колебаний.

Погрешность градуировки аппаратуры после установления рабочего режима по отношению к действительному уровню ультразвука не должна превышать  $\pm 1$  дБ. При проведении измерений аппаратура должна работать в соответствии с инструкцией по ее эксплуатации.

Измерение уровней контактного ультразвука в зоне контакта рук или других частей тела человека с источником ультразвуковых колебаний следует проводить с помощью измерительного тракта. Измерение уровней звукового давления воздушного ультразвука следует проводить по ГОСТ 12.4.077-79 (2001) «Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Метод измерения звукового давления на рабочих местах».

Измерение контактного ультразвука может быть выполнено современными ультразвуковыми промышленными дефектоскопами.

Для измерения воздушного ультразвука следует применять шумомеры для измерений в диапазоне частот до 50 000 Гц и до 100 000 Гц; микрофоны; полосовые фильтры.

### **Профилактические мероприятия**

Ультразвуковое оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.051-80 «ССБТ. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые. Требования безопасности».

Запрещается непосредственный контакт человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой во время возбуждения в ней ультразвуковых колебаний.

В целях исключения контакта с источниками ультразвука необходимо применять:

- дистанционное управление источниками ультразвука;
- автоблокировку, т. е. автоматическое отключение источников ультразвука при выполнении вспомогательных операций (загрузка и выгрузка продукции, белья, медицинского инструментария и т. д., нанесения контактных смазок и др.);

- приспособления для удержания источника ультразвука или предметов, которые могут служить в качестве твердой контактной среды.

Наиболее эффективными профилактическими мероприятиями, направленными на снижение контактного и воздушного ультразвука в источнике образования и по пути распространения являются:

- разработка и внедрение оборудования с улучшенными ультразвуковыми характеристиками;

- создание автоматизированного ультразвукового оборудования;

- проектирование низкочастотного ультразвукового оборудования с рабочими частотами максимально удалёнными от слышимого диапазона частот (не ниже 22 кГц), чтобы избежать действия выраженного высокочастотного шума на работающих.

- оборудование ультразвуковых установок звукоизолирующими устройствами (кожухами, экранами) из листовой стали или дюрала, покрытые резиной, противозумной мастикой или другими материалами.

Запрещается непосредственный контакт работающих с рабочей поверхностью оборудования в процессе его обслуживания, жидкостью и обрабатываемыми деталями во время возбуждения в них ультразвука.

Для защиты рук от возможного неблагоприятного воздействия контактного ультразвука в твердой или жидкой средах необходимо применять две пары перчаток – резиновые (наружные) и хлопчатобумажные (внутренние) или только хлопчатобумажные.

Ручные ультразвуковые источники должны иметь форму, обеспечивающую минимальное напряжение мышц кисти и верхнего плечевого пояса оператора и соответствовать требованиям технической эстетики.

Поверхность ручных источников ультразвука в местах контакта с руками должна иметь коэффициент теплопроводности, не более 0,5 Вт/м.град., что исключает возможность охлаждения рук работающих.

Стационарные ультразвуковые источники, генерирующие уровни звукового давления, превышающие нормативные значения, должны оборудоваться звукопоглощающими кожухами и экранами и размещаться в отдельных помещениях или звукоизолирующих кабинах.

При разработке режимов труда и отдыха необходимо сокращение суммарного времени контакта и уменьшение экспозиции ультразвукового озвучивания при превышении нормативов, ведение работ с регулярно прерывающимися ультразвуковыми воздействиями.

При систематической работе с источниками контактного ультразвука в течение более 50% рабочего времени необходимо устраивать два регламентированных перерыва – десятиминутный перерыв через 1,5 - 2 ч после начала смены и пятнадцатиминутный перерыв через 1,5 ч после обеденного перерыва для проведения физиопрофилактических процедур (тепловых гидропроцедур, массажа, ультрафиолетового облучения), а также лечебной гимнастики, витаминизации, психофизиологической разгрузки. Обеденный перерыв продолжительностью не менее 30 минут.

Общеукрепляющие процедуры (витаминизация, ультрафиолетовое облучение, комплексы гимнастических упражнений и др.) необходимо проводить и работающим в условиях воздействия низкочастотного воздушного ультразвука.

Тепловые гидро- и воздушные процедуры для рук работающих назначаются с учётом частотных параметров и среды распространения контактного ультразвука. Тепловые гидропроцедуры в виде местных ванн-душей способствуют предупреждению спазма мелких кровеносных сосудов верхних конечностей, возникающего при воздействии интенсивного контактного ультразвука. Продолжительность гидропроцедур составляет 8 – 10 минут, при температуре воды 37 – 38° С. Приём гидропроцедур рекомендуется сопровождать медленными вращательными движениями в ки-

стях, сжиманием и разжиманием, сведением и разведением пальцев рук. Руки после гидропроцедуры необходимо высушить и смазать питательным кремом.

Процедура суховоздушного обогрева с микромассажем рук (в специальной установке с подачей сжатого воздуха и гранул) или без микромассажа колеблется по длительности от 10 – 15 минут, температура воздуха составляет 38 – 40°С.

Массаж (самомассаж и взаимомассаж) мышц плечевого пояса способствует улучшению кровообращения в периферических сосудах и обмену веществ в мышцах, снимает усталость.

Для профилактики утомления зрения рекомендуется во время регламентированных перерывов выполнять упражнения для глаз.

Метод рефлексопрофилактики для ограничения и предупреждения неблагоприятного влияния на работающих контактного ультразвука весьма эффективен. Воздействие на биологически активные точки приводит к более устойчивой реакции нейросенсорного и нервно-мышечного аппарата на воздействие контактного ультразвука. Причём наиболее эффективно применение рефлексопрофилактики в первые годы работы с источниками контактного ультразвука. Именно в этот период рефлекторная коррекция ранних реакций адаптации по отношению к воздействию фактора может оказать решающее влияние на формирование долговременного адаптационного процесса, являющегося основой естественной резистентности организма.

В целях усиления эффективности комплекса мероприятий по профилактике неблагоприятного ультразвукового воздействия, а также снятия нервно-эмоционального напряжения и поддержания на высоком уровне работоспособности на предприятиях и в медицинских учреждениях следует проводить сеансы психофизиологической разгрузки в специально оборудованных помещениях.

К работе с ультразвуковыми источниками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующий курс обучения и инструктаж по технике безопасности.

Лица, подвергающиеся в процессе трудовой деятельности воздействию контактного ультразвука, подлежат предварительным, при приеме на работу, и периодическим медицинским осмотрам

в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России № 302н от 12 апреля 2011 г. «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

При проведении предварительных медицинских осмотров следует учитывать противопоказания для работы в ультразвуковых профессиях, к числу которых, наряду с общими медицинскими противопоказаниями к допуску на работу в контакте с вредными, опасными веществами и производственными факторами, отнесены фонические заболевания периферической нервной системы, облитерирующие заболевания артерий и периферический ангиоспазм.

Помимо медицинских противопоказаний, целесообразно учитывать индивидуальные и производственно-профессиональные факторы риска, способные усугублять воздействие контактного ультразвука. К субъективным (личностным) факторам риска относятся наследственная отягощённость по сосудистым заболеваниям, астенический тип конституции, холодовая аллергия, травмы.

При использовании ультразвуковых источников, как правило, низкочастотных (устройства для резки и сварки различных материалов и др.), следует четко выполнять требования по их применению и безопасной эксплуатации, изложенные в прилагаемой к изделию инструкции.

Для снижения неблагоприятного влияния ультразвука при контактной передаче в холодный и переходный период года работающие должны обеспечиваться теплой спецодеждой по нормам, установленным в данной климатической зоне или производстве.

Для защиты рук от воздействия ультразвука при контактной передаче операторы используют в настоящее время рукавицы или перчатки, нарукавники, которые не пропускают влагу.

Работающим с низкочастотными источниками контактного ультразвука рекомендуется применять:

1. При распространении колебаний в твёрдой среде – две пары плотных хлопчатобумажных перчаток.

2. При распространении колебаний в жидкой среде – две пары перчаток: нижние – хлопчатобумажные, а верхние – плотные резиновые.

Работающим с высокочастотными источниками контактного ультразвука рекомендуется применять:

1. При распространении колебаний в твёрдой среде – одну пару хлопчатобумажных перчаток или хлопчатобумажные перчатки с непромокаемой ладонной поверхностью.

2. При распространении колебаний в жидкой среде – две пары перчаток: нижние – хлопчатобумажные и верхние – резиновые.

Оптимизация факторов, определяющих тяжесть труда, может быть достигнута в результате правильного выбора позы за счёт рациональной компоновки рабочего места. Для этого, прежде всего, необходимо подобрать производственное оборудование и рабочую мебель, соответствующие антропометрическим данным и психофизиологическим возможностям человека.

В процессе выполнения трудовых операций целесообразно, по возможности, исключать статические нагрузки, возникающие при поддержании заготовок, деталей за счёт устройства верстаков, подставок для обрабатываемых изделий, а также применение манипуляторов, тележек, различных средств малой механизации для снижения динамической нагрузки и перенапряжения опорно-двигательного аппарата человека. В комплексе мероприятий по организации труда особое место отводится рекомендациям по рационализации рабочих движений и усилий.

Для оптимизации факторов определяющих напряжение труда необходимо: создание рациональной системы освещения (или, наоборот, затемнение, например, при дефектоскопических работах и ультразвуковых диагностических исследованиях), борьба с блескостью экранов ультразвукового оборудования; создание соответствующего цветового климата в производственных помещениях.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Ультразвук. Понятие, классификации, источники.
- 1) Особенности биологического действия ультразвука на организм.
- 2) Методы оценки ультразвука. Основные нормативные документы.
- 3) Меры профилактики при воздействии ультразвука на организм работающих.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. В ОСНОВЕ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ЛЕЖИТ
  - 1) прямой пьезоэлектрический эффект
  - 2) обратный пьезоэлектрический эффект и явление магнитострикции
  - 3) прямой пьезоэлектрический эффект и явление магнитострикции
2. ПРОЦЕСС, НА КОТОРОМ ОСНОВАНО ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ, – ЭТО
  - 1) визуализация органов и тканей на экране прибора
  - 2) взаимодействие ультразвука с тканями тела человека
  - 3) прием отраженных сигналов
  - 4) распространение ультразвуковых волн
  - 5) серошкальное представление изображения на экране прибора
3. УЛЬТРАЗВУК – ЭТО ЗВУК, ЧАСТОТА КОТОРОГО НЕ НИЖЕ
  - 1) 15 кГц
  - 2) 20 000 Гц
  - 3) 1 МГц
  - 4) 30 Гц
  - 5) 20 Гц

4. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ВОЗРАСТАЕТ, ЕСЛИ
- 1) плотность среды возрастает
  - 2) плотность среды уменьшается
  - 3) упругость возрастает
  - 4) плотность, упругость возрастают
  - 5) плотность уменьшается, упругость возрастает
5. УСРЕДНЕННАЯ СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В МЯГКИХ ТКАНЯХ СОСТАВЛЯЕТ
- 1) 1450 м/с
  - 2) 1620 м/с
  - 3) 1540 м/с
  - 4) 1300 м/с
  - 5) 1420 м/с
6. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ
- 1) частотой
  - 2) амплитудой
  - 3) длиной волны
  - 4) периодом
  - 5) средой
7. ДЛИНА ВОЛНЫ В МЯГКИХ ТКАНЯХ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ЧАСТОТЫ
- 1) уменьшается
  - 2) остается неизменной
  - 3) увеличивается
8. НАИБОЛЬШАЯ СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НАБЛЮДАЕТСЯ В
- 1) воздухе
  - 2) водороде
  - 3) воде
  - 4) железе
  - 5) вакууме

9. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ ВЫШЕ, ЧЕМ В ЖИДКОСТЯХ, Т. К. ОНИ ИМЕЮТ БОЛЬШУЮ

- 1) плотность
- 2) упругость
- 3) вязкость
- 4) акустическое сопротивление
- 5) электрическое сопротивление

10. ЗВУК – ЭТО

- 1) поперечная волна
- 2) электромагнитная волна
- 3) частица
- 4) фотон
- 5) продольная механическая волна

#### 4. ИНФРАЗВУК

**Цель изучаемой темы:** разобрать со студентами гигиеническую характеристику инфразвука, его нормирование, воздействие на организм, познакомить с измерительной аппаратурой и профилактическими мероприятиями.

**Инфразвук** (от лат. «infra» – ниже, под) – акустические колебания или их совокупность в частотном диапазоне до 16 Гц.

Физическая сущность инфразвука не отличается от физической сущности звука. Характерной особенностью инфразвука в отличие от слышимого и ультразвукового диапазона частот является большая длина волны и малая частота колебаний.

#### **Природные и техногенные источники инфразвука**

Мощными природными источниками инфразвука являются ураганы, океанические штормы.

Источники производственного инфразвука. В современном производстве и на транспорте встречается инфразвук механического происхождения, генерируемый машинами и аэродинамиче-

ского происхождения, возникающий в результате больших турбулентных потоков газов и жидкостей. Источниками инфразвука являются компрессоры, кондиционеры, турбины, промышленные вентиляторы, доменные и мартеновские печи, тяжёлые машины с вращающимися частями, двигатели самолётов и вертолётов, дизельные двигатели судов и подводных лодок, а также наземных средств транспорта.

**Производственный инфразвук** – часть механической энергии, которая генерируется различным оборудованием и, как правило, возникает при перемещении поверхностей больших размеров или мощных турбулентных потоков жидкостей и газов.

По частоте выделяют три основных спектра производственного инфразвука – инфразвуковые волны, в которых уровни звукового давления приходятся на октавные полосы среднегеометрических частот:

- 1) инфразвуковые – от 2 до 26 Гц;
- 2) инфранизкочастотные – от 2 до 125 Гц;
- 3) низкочастотные – от 31,5 до 125 Гц.

В промышленности широко применяются машины с большими габаритами. Также источниками являются: компрессоры, кондиционеры, турбины, промышленные вентиляторы, нефтяные форсунки, доменные и мартеновские печи, вибрационные площадки, двигатели самолетов и вертолетов, дизельные двигатели судов и подводных лодок, большие машины с вращающимися частями (табл. 4).

### **Классификация инфразвука, воздействующего на человека**

#### **I. По характеру спектра инфразвук** подразделяется на:

- широкополосный инфразвук, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный инфразвук, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие. Гармонический характер инфразвука устанавливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

**Классификация основных рабочих мест транспортных средств  
и технологического оборудования при действии инфразвука**

Характер спектра	Октавные полосы с максимальным уровнем звукового давления	Примеры основных видов машин и оборудования
Инфразвуковой	диапазон 82 – 133 дБ	1) автотранспорт 2) доменные печи 3) речные и морские суда 4) железнодорожный транспорт 5) мощные компрессоры больших габаритов
Инфра- низкочастотный	диапазон 84 – 112 дБ	1) мартеновские печи 2) отдельные виды транспортных средств 3) самоходные и полустационарные машины
Низкочастотный	диапазон 84 – 116 дБ	1) электродуговые печи 2) тягачи 3) гусеничные тракторы 4) портовые краны 5) турбинные установки 6) автопогрузчики 7) все виды экскаваторов

**II. По временным характеристикам инфразвук** подразделяется на:

– постоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно»;

– непостоянный инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) при измерениях по шкале шумомера «линейная» на временной характеристике «медленно».

### **Биологическое действие инфразвука**

В зависимости от длительности действия, интенсивности инфразвук может стать причиной функционального нарушения ЦНС и вестибулярно-соматических реакций. Известно, что организм человека обладает высокой чувствительностью к низкочастотным звуковым колебаниям. Инфразвуковые акустические колебания действуют не только через слуховой анализатор, но и через механорецепторы кожи. В них в ответ на раздражение возникают нервные импульсы, поступающие в соответствующие центры коры головного мозга, прежде всего таламического его отдела. В результате воздействия акустических колебаний низкой частоты наблюдаются снижение возбудимости клеток коры головного мозга и нарушение корково-подкорковых взаимоотношений.

При сравнительно невысокой интенсивности инфразвукового воздействия у человека может развиваться комплекс неприятных ощущений: головокружение, тошнота, затруднённое дыхание, боли в животе, чувство подавленности, страха. Однако они носят временный характер и после небольшого перерыва инфразвукового воздействия исчезают. При более интенсивном воздействии высока вероятность развития инфразвукового гипоталамического синдрома: присоединяется ощущение сухости во рту, царапанья в глотке, кашель, удушье, ощущение беспокойства, повышенная раздражительность, озноб, ощущение страха и беспокойства, сменяющиеся заторможенностью, вялостью, апатией, повышенной утомляемостью. На первый план выступают симптомы функционального расстройства ЦНС в виде астеновегетативного синдрома с признаками нейроциркуляторной дистонии по гипотоническому типу. Длительное воздействие инфразвука интенсивностью более 150 дБ может вызывать симптомы миокардиодистрофии, проявляющейся нарушением частоты сердечных сокращений – брадикардией, увеличением диастолического давления. Особенно страдает орган слуха, отмечается ощущение чувства давления в ушах, повышение порогов слышимости.

## **Основные симптомы, развивающиеся при действии инфразвука**

**Головокружение.** Нарушение взаимодействия в системе вестибулярного, зрительного анализаторов и глубокой чувствительности, поскольку головокружение реализуется в ЦНС при обязательном участии вестибулярных образований. Головокружение может быть периферическим, место поражения – внутреннее ухо, вестибулярный узел, вестибулярная порция VIII нерва; центральным, место поражения – вестибулярные ядра, мост мозга, средний мозг, диэнцефально-подкорковые отделы мозга.

**Тошнота.** Может быть следствием рефлекторного возбуждения рвотного центра, вызванного раздражением рецепторов 3 полукружных канальцев, вестибулярных ядер ствола мозга, а также в результате вестибуло-вегетативного взаимодействия. Тошнота при воздействии инфразвука может быть следствием раздражения рецепторов различных органов, обусловленного, в частности, биодинамическим эффектом инфразвука. Аfferентные импульсы передаются в продолговатый мозг через блуждающий нерв, в значительно меньшей степени через диафрагмальные и спинальные нервы.

**Озноб и ознобopodobное дрожание.** Один из важных симптомов расстройства терморегуляции. Это состояние обычно наблюдается в начале гипоталамического криза. Его характеризуют по-разному («какое-то мелкое дрожание», «трясёт как в лихорадке», «дрожь во всём теле»). Озноб является одним из обязательных компонентов диэнцефального криза.

**Дрожание.** Дрожание может вызываться раздражением гипоталамуса и части ретикулярной формации. Общая слабость, адинамия, типичный признак гипоталамического синдрома с нервно-мышечными расстройствами. Несмотря на то, что гипоталамус не является двигательным центром, при нарушении его функций отмечается ряд своеобразных нервно-мышечных нарушений. Наиболее характерным симптомом является общая слабость, особого рода физическая астения, а затем резкая адинамия. Слабость возникает остро, внезапно, но быстро проходящая – пароксизмальная слабость.

***Боль при глотании, сухость во рту, удушье (фарингоспазм).***

Анатомические структуры, участвующие в формировании этих эффектов: языкоглоточный, блуждающий и лицевой нервы. Проявляется констрикцией мышц глотки и мягкого нёба, снижением или прекращением слюноотделения околоушной железы, онемением слизистой оболочки части глотки, затруднением глотания. Онемение нёба и кожи лица.

***Затуманенное зрение, нарушение зрительного восприятия (метаморфопсия).*** Анатомическая структура этого эффекта метаталамус (подкорковый центр зрения и слуха).

***Чувство страха, тревоги, сенестопатии.*** Является симптомом гипоталамического синдрома с нервно-психическими расстройствами. Появляются различные сенестопатии, состояние тревоги и страха. Отмечается астения, снижение уровня психической активности, появляются многообразные сенестопатии, легко возникают обманы восприятия, состояние тревоги с опасениями и страхами.

***Головная боль.*** Один из самых частых симптомов поражения диэнцефальной области. Она может быть пароксизмальной или постоянной. Особенности головной боли: приступообразность и начальный симптом диэнцефального криза.

***Нарушение функций желудочно-кишечного тракта.*** Наблюдаются тошнота, боли в подложечной области, боли в кишечнике.

Биологическое действие инфразвука зависит от частоты, уровня звукового давления и экспозиции. Выделяют семь зон риска здоровью, для которых характерны определенные объективные и субъективные признаки инфразвукового воздействия:

**1. зона смертельных уровней 180 – 190 дБ – смертельно (разрыв лёгочных альвеол);**

**2. зона экстремальных эффектов менее 140 – 150 дБ 2 мин. – ощущение давления в среднем ухе, головная боль, усталость, боль при глотании, ощущение сильного давления за грудиной, тошнота, рвота, изменение ритма дыхания, слабость; условия труда опасные (4);**

**3. зона высокого риска здоровью даже при периодических воздействиях 140 – 150 дБ – при работе реактивных двигателей –**

сотрясение грудной клетки и брюшной полости, состояние напоминающее морскую болезнь, развитие вестибулярных расстройств, головокружение, тошнота; условия труда вредные (3.4);

**4. зона высокого риска здоровью при кратковременном воздействии** до 129 – 135 дБ 15 мин. – тошнота, головокружение, заложенность ушей, ознобopodobное дрожание, боли в области груди, висках, головные боли, чувство беспокойства, саливация, преходящее онемение нёба и кожи лица, признаки гипоталамического криза; условия труда вредные (3.4);

**5. зона выраженного прогрессирования риска здоровью** 120 – 110 дБ – мешающее раздражающее действие, сонливость, головная боль, давление в ушах, закладывание в ушах; условия труда вредные (3.2 – 3.3);

**6. зона умеренного риска нарушений здоровью**, особенно при сочетанном действии с другими факторами, 100 – 110 дБ – раздражающее действие, утомляемость, головная боль, головокружение; условия труда вредные (3.1 – 3.2), 90 – 100 дБ – кратковременные воздействия безвредны, влияет на женщин при сочетании с действием шума;

**7. зона неясных, стёртых, трудно обнаруживаемых эффектов** менее 90 дБ – не опасны для здоровья, представляют опасность лишь при сочетании с шумовибрирующими факторами и нервно-эмоциональным напряжением, условия труда допустимые.

### **Нормирование и порядок проведения измерений инфразвука**

Нормирование инфразвука осуществляется в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки». Разработанные предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах дифференцированы с учетом тяжести и напряженности выполняемой работы:

- для работ различной степени тяжести в производственных помещениях и на территории предприятия ПДУ инфразвука составляет 100 дБ;
- для работ различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности – 95 дБ;

- для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления не должны превышать 120 дБ.

**Общий (линейный) уровень звукового давления**, дБ<sub>Лин</sub>, – величина, измеряемая по шкале шумомера «линейная» или рассчитанная путем энергетического суммирования уровней звукового давления в октавных полосах частот без корректирующих октавных поправок.

**Эквивалентный (по энергии) общий (линейный) уровень звукового давления**, L экв. дБ<sub>Лин</sub>, данного непостоянного инфразвука – уровень постоянного широкополосного инфразвука, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный инфразвук в течение определенного интервала времени.

Эквивалентный уровень звукового давления может быть установлен при непосредственном инструментальном измерении или путем расчета по измеренному уровню и продолжительности воздействия.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах, дифференцированные для различных видов работ (табл. 5).

Таблица 5

**Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах**

№ п/г	Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ <sub>Лин</sub>
		2	4	8	16	
1	Работы с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий: – работы различной степени тяжести – работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	100	95	90	85	100
		95	90	85	80	95

Измерение и гигиеническая оценка инфразвука, а также профилактические мероприятия должны проводиться в соответствии с руководством Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (табл. 6).

Таблица 6

**Классы условий труда в зависимости от уровней инфразвука на рабочем месте**

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	<i>Превышение ПДУ до ... дБ/раз (включительно):</i>					
Инфразвук, общий уровень звукового давления, дБ/Лин	£ ПДУ <sup>1</sup>	5	10	15	20	> 20

<sup>1</sup> – в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».

Оценка условий труда при воздействии на работника постоянного инфразвука проводится по результатам измерения уровня звукового давления по шкале «линейная», в дБЛин (при условии, если разность между уровнями, измеренными по шкале «линейная» и «А» на характеристике шумомера медленно», составляет не менее 10 дБ); при воздействии на работающего непостоянного инфразвука – по результатам измерения или расчета эквивалентного (по энергии) общего (линейного) уровня звукового давления в дБЛин<sub>экв</sub>.

При воздействии на работающих в течение рабочего дня (смены) как постоянного, так и непостоянного инфразвука для оценки условий труда измеряют или рассчитывают с учетом продолжительности их действия эквивалентный общий уровень звукового давления (дБЛин<sub>экв</sub>).

## **Профилактические мероприятия**

Для организации защиты от инфразвука используется комплексный подход, включающий конструктивные меры снижения инфразвука в источнике образования (инфразвукоизоляцию и инфразвукопоглощение, глушители инфразвука), планировочные решения, а в производственных условиях применение организационно-административных, медицинских мер профилактики и средств индивидуальной защиты.

Для снижения уровней инфразвука следует производить изоляцию объектов, являющихся источниками инфразвука, выделять их в отдельное помещение, использовать кабины наблюдения с дистанционным управлением технологическим процессом с применением мер инфразвукоизоляции, вибропоглощения, использовать глушители инфразвука с механическим преобразованием частоты волны, изменять режим работы оборудования (увеличение его быстроходности – увеличение числа рабочих ходов, ограничение скоростей движения транспорта и истечения жидкостей).

В производственных условиях при воздействии инфразвука с уровнями, превышающими нормативные, следует применять режимы труда и отдыха с введением 20-минутных перерывов через каждые 2 часа работы. В составе бытовых помещений следует предусматривать комнаты психологической разгрузки.

Рекомендуется использовать средства индивидуальной защиты: противошумные наушники и вкладыши, а также специальные пояса, уменьшающие колебания внутренних органов.

Работающие в условиях воздействия инфразвука должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры один раз в два года с привлечением специалистов: отоларинголога (с обязательным проведением аудиометрии по данным воздушной и костной проводимости), невролога (исследование вестибулярного анализатора), офтальмолога (офтальмоскопия глазного дна) и терапевта.

Периодические медицинские осмотры должны проводиться с учётом данных комплексной гигиенической аттестации рабочего места обследуемого работающего.

### ***Противопоказания при приёме на работу:***

- нарушения функции вестибулярного аппарата любой этиологии;
- выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы;
- стойкие (3 и более мес.) понижения слуха (менее 5 м) любой степени, хотя бы на одно ухо, любой этиологии;
- нарушения функции вестибулярного аппарата любой этиологии.

***Противопоказания при периодических медицинских осмотрах*** (в зависимости от степени снижения слуха по классификации количественных потерь слуха у работающих в условиях воздействия шума (1988 г.):

- легкая степень снижения слуха – не является противопоказанием;
- умеренная степень снижения слуха – не является противопоказанием;
- значительная степень снижения слуха – является абсолютным противопоказанием.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

- 1) Инфразвук. Понятие, источники, классификации.
- 2) Биологическое действие инфразвука на организм.
- 3) Нормирование и порядок проведения измерений инфразвука.
- 4) Меры профилактики при воздействии инфразвука на организм работающих.

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов

1. КАК ВОСПРИНИМАЕТСЯ ИНФРАЗВУК ЧЕЛОВЕКОМ
  - 1) не воспринимается
  - 2) воспринимается как тихий звук

2. УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИЕСЯ В СРЕДЕ В ВИДЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН, ПРИ ЧАСТОТЕ НИЖЕ 16 ГЦ НАЗЫВАЮТ
  - 1) звуком
  - 2) ультразвуком
  - 3) инфразвуком
  
3. ИСТОЧНИКАМИ ИНФРАЗВУКА ЯВЛЯЮТСЯ
  - 1) землетрясение
  - 2) грозовые разряды
  - 3) взрывы
  - 4) распад ядра
  
4. ИНФРАЗВУК РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА
  - 1) небольшие расстояния
  - 2) большие расстояния
  
5. ИНФРАЗВУК
  - 1) слабо поглощается различными средами
  - 2) сильно поглощается различными средами
  - 3) не поглощается средами
  
6. РЕЗОНАНСОМ НАЗЫВАЕТСЯ ЯВЛЕНИЕ
  - 1) совпадения частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний
  - 2) совпадения вынуждающей силы и силы тяжести
  - 3) совпадение частоты колебаний вынуждающей силы и частоты собственных колебаний
  
7. НОРМИРУЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТОЯННОГО ИНФРАЗВУКА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ
  - 1) уровни звукового давления в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц
  - 2) уровни виброскорости в дБ в октавных полосах частот

8. ИНФРАЗВУК – ЭТО ЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ С ЧАСТОТАМИ

- 1) ниже 20 Гц
- 2) от 20 Гц до 20 кГц
- 3) выше 20 кГц

9. ИНФРАЗВУК ОКАЗЫВАЕТ БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ

- 1) на эмоциональную сферу (чувство страха)
- 2) на опорно-двигательный аппарат
- 3) на системы вегетативного обеспечения (сердечно-сосудистая, дыхательная, нейроэндокринная)
- 4) органы пищеварения

10. ДЛЯ ИНФРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ХАРАКТЕРНЫ

- 1) большая длина волны
- 2) малая длина волны
- 3) низкая частота колебаний
- 4) высокая частота колебаний
- 5) явление дифракции (огибание препятствий)

## 5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

**Цель занятия:** разобрать со студентами физическую природу электромагнитных полей (ЭМП) и их действие на организм, нормирование и меры профилактики.

**Электромагнитное поле** – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.

**Электрическое поле (ЭП)** – создается электрическими зарядами и заряженными частицами в пространстве. Физической характеристикой электрического поля является напряженность (E), которая измеряется силой, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку. Единицей электрического поля является 1 В/м.

**Магнитное поле** (МП) – создается при движении электрических зарядов по проводнику (В).

ЭМП состоит из электрической (напряженность электрического поля  $E$ ) и магнитной (индукция магнитного поля  $B$ ) составляющих, которые перпендикулярны друг к другу и к направлению распространения. Для того чтобы определить электромагнитное поле в некоторой точке пространства, необходимо определить векторы  $E$  и  $B$  в каждый момент времени в каждой точке пространства. Векторные величины являются силовыми характеристиками электромагнитного поля. В международной системе единиц величины, связанные с ЭМП, именуются электрическими, поэтому в качестве основной электрической величины выбрана сила электрического тока ( $I$ ) с единицей измерения ампер (А).

Основными физическими параметрами электромагнитных волн являются частота колебания ( $f$ ), длина волны ( $\lambda$ ) и скорость распространения ( $c$ ), которые связаны между собой соотношением  $f = c / \lambda$  для свободного пространства, где  $f$  – частота, выраженная в Гц, кГц, МГц, ГГц;  $c$  – скорость распространения ( $c = 3 * 10^8$  м/с – скорость света);  $\lambda$  – длина волны, выраженная в км, м, дм, см, мм.

Если скорость света выражена в м/с, частота в МГц, то длину волн можно определить по формуле:  $\lambda = 300 / f$ . Чем короче длина волны и больше частота колебаний, тем больше энергии несет в себе квант. Связь между энергией ( $I$ ) и частотой ( $f$ ) колебаний определяется как  $I = h * f$  или  $I = h * c / \lambda$ , где  $h$  – постоянная Планка, равная  $6,6 * 10^{-34}$  Вт/см<sup>2</sup>.

В электромагнитной волне, распространяющейся от источника излучения, в зависимости от расстояния различают три зоны: ближнюю (зона индукции), промежуточную (зона интерференции) и дальнюю (волновая зона). Размеры этих зон зависят от типов антенн, длины волны излучения и площади распространения антенны.

**Зона индукции** простирается до расстояния от источника, равного  $0-3l$ , где  $l$  – длина порождаемой полем электромагнитной волны. При этом напряженность поля быстро убывает: по электрической составляющей пропорционально расстоянию до источника ( $r$ ) в третьей степени, а по магнитной составляющей – обратно пропорционально квадрату расстояния ( $r < \lambda / 2\pi$ ). Векторные велици-

ны электрической и магнитной составляющих смещены по фазе на  $90^\circ$ , между ними нет определенной зависимости, и они могут отличаться друг от друга во много раз. В этой зоне нет сформированного электромагнитного поля. В связи с этим напряженность электрической (В/м) и магнитной (А/м) составляющей должна оцениваться раздельно.

**Волновая зона** – это зона сформировавшейся электромагнитной волны. Здесь напряженность поля убывает обратно пропорционально расстоянию до источника  $r > 2\lambda$ . В этой зоне электрическая и магнитная составляющие ЭМП связаны соотношением:  $E_{(В/м)} = 377 \times H_{(А/м)}$ , где 377 – константа, волновое сопротивление вакуума, Ом. В данной зоне измеряют плотность потока энергии (ППЭ, мкВт/см<sup>2</sup>), т. е. количество энергии, падающей на единицу поверхности.

**Промежуточная зона (зона интерференции)** – граница зоны – определяется расстоянием  $\lambda / 2\pi < r < 2\pi \lambda$  (E, В/м; H, А/м; В, Тл).

В зависимости от частоты и длины волны выделяют различные диапазоны электромагнитных колебаний (табл. 7).

Таблица 7

### Международная классификация электромагнитных волн

Наименование частотного диапазона	Границы диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы диапазона
Крайне низкие (КНЧ)	3-30 Гц	Декамегаметровые	100-10 Мм
Сверхнизкие (СНЧ)	30-300 Гц	Мегаметровые	10-1 Мм
Инфранизкие (ИНЧ)	0,3-3 КГц	Гектокилометровые	1000-100 км
Очень низкие (ОНЧ)	3-30 КГц	Мириаметровые	100-10 км
Низкие (НЧ)	30-300 КГц	Километровые	10-1 км
Средние (СЧ)	0,3-3 МГц	Гектометровые	1-0,1 км
Высокие (ВЧ)	3-30 МГц	Декаметровые	100-10 м
Очень высокие (ОВЧ)	30-300 МГц	Метровые	10-1 м
Ультравысокие (УВЧ)	0,3-3 ГГц	Дециметровые	1-0,1 м
Сверхвысокие (СВЧ)	3-30 ГГц	Сантиметровые	10-1 см
Крайне высокие (КВЧ)	30-300 ГГц	Миллиметровые	10-1 мм
Гипервысокие (ГВЧ)	300-3000 ГГц	Децимиллиметровые	1-0,1 мм

В зоне индукции находятся работающие с источниками излучения НЧ-, СЧ-, ВЧ-, ОВЧ-диапазонов, в волновой зоне – СВЧ-, УВЧ- и КВЧ-диапазонов

ЭМП может быть модулированным или немодулированным. В зависимости от вида модуляции (размерности, ритма) различают амплитудно-модулированные, частотно-модулированные ЭМП. Немодулированные ЭМП используются в промышленности и медицине, модулированные – в радиосвязи и радиолокации.

#### **Виды электромагнитных полей:**

- статические электрические поля (СЭП);
- постоянные магнитные поля (ПМП);
- гипогеомагнитное поле (ГМП);
- электрические и магнитные поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ);
- электромагнитные поля в диапазоне радиочастот (ЭМП РЧ).

#### **Статические электрические поля**

(СЭП) – поля неподвижных электрических зарядов либо стационарные ЭП постоянного тока. СЭП может возникать при дроблении, перемешивании находящихся в контакте твердых тел, разбрызгивании, газовой выделении веществ, кристаллизации, а также вблизи работающих электроустановок, распределительных устройств и линий электропередачи постоянного тока высокого напряжения. Отмечается образование электростатических зарядов и полей вследствие электризации перерабатываемого продукта в текстильной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности. Используются в промышленности для электрогазоочистки, электростатической сепарации руд и материалов, электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов.

Основными физическими параметрами СЭП служат напряженность поля и потенциалы его отдельных точек. Напряженность СЭП – векторная величина, которая определяется отношением силы, действующей на точечный заряд, к величине этого заряда, измеряется в вольтах на метр (В/м). Энергетические характеристики СЭП определяются потенциалами точек поля.

### **Постоянные магнитные поля**

Источниками ПМП на рабочих местах служат постоянные магниты, электромагниты, МГД-генераторы, силовоточные системы постоянного тока (линии передачи постоянного тока, электролитные ванны и другие электротехнические устройства).

Основными физическими параметрами, характеризующими ПМП, служат:

- напряженность поля –  $H$ , ампер на метр (А/м);
- магнитный поток –  $\Phi$ , вебер (Вб);
- магнитная индукция или плотность магнитного потока –  $B$ , тесла (Тл).

### **Гипогеомагнитное поле**

ГМП – ослабленное естественное МП Земли. ГМП характерно:

- в экранированных помещениях;
- в радиотехнической, радиоэлектронной, авиационной промышленности;
- на гражданских и военных объектах радиосвязи и радиолокации;
- в подземных сооружениях (хранилищах, бункерах, шахтах, помещениях метрополитена);
- в производственных, общественных и жилых зданиях из железобетонных конструкций;
- в средствах наземного, водного и воздушного транспорта гражданского и военного назначения и др.

### **Электрические и магнитные поля промышленной частоты**

ЭМП ПЧ – представлены в нашей стране частотой 50 Гц, длиной волны 6 тысяч км.

Источники ЭМП промышленных частот – различные типы производственного и бытового электрооборудования переменного тока, трансформаторы, распределительные щиты, электропечи, силовое и электрораспределительное оборудование, высоковольтные линии электропередачи, открытые распределительные устройства (ОРУ), транспорт на электрической тяге (троллейбусы, трамваи, электропоезда, вагоны метрополитена).

Провода работающей линии электропередачи создают в прилегающем пространстве (на расстояниях порядка десятков метров от провода) электромагнитное поле промышленной частоты (50 Гц). Причем напряженность поля вблизи линии может изменяться в широких пределах, в зависимости от ее электрической нагрузки.

Электротранспорт (троллейбусы, трамваи, поезда метрополитена и т. п.) является мощным источником электромагнитного поля в диапазоне частот 0 – 1000 Гц. При этом в роли главного излучателя в подавляющем большинстве случаев выступает тяговый электродвигатель (для троллейбусов и трамваев воздушные токоприемники по напряженности излучаемого электрического поля соперничают с электродвигателем).

Работающий подвергается воздействию фактора в ближней зоне. В связи с указанным гигиеническая оценка ЭМП промышленной частоты осуществляется отдельно по ЭП и МП.

#### **Электромагнитные поля в диапазоне радиочастот**

Источники ЭМП РЧ – неэкранированные ВЧ-блоки (ВЧ – высокочастотный) установок (генераторные шкафы, конденсаторы, ВЧ-трансформаторы), антенные системы радиолокационных станций, радио- и телерадиостанций, в том числе систем мобильной радиосвязи. Применяются для термообработки металлов, полупроводниковых материалов и диэлектриков, в радиосвязи, радиовещании, телевидении, медицине, радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, радиоспектроскопии, геодезии, дефектоскопии, физиотерапии и других отраслях промышленности.

ЭМП РЧ характеризуется способностью нагревать металлы, распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела двух сред, взаимодействовать с веществом.

Системы спутниковой связи состоят из передающей станции на Земле и спутников – ретрансляторов, находящихся на орбите. Передающие станции спутниковой связи излучают узконаправленный волновой пучок, плотность потока энергии в котором достигает сотен Вт/м. Системы спутниковой связи создают высокие напряженности электромагнитного поля на значительных расстояниях от антенн.

Сотовая радиотелефония является сегодня одной из наиболее интенсивно развивающихся телекоммуникационных систем. Основными элементами системы сотовой связи являются базовые станции и мобильные радиотелефонные аппараты. Базовые станции поддерживают радиосвязь с мобильными аппаратами, вследствие чего они являются источниками электромагнитного поля. В работе системы применяется принцип деления территории покрытия на зоны, или так называемые «соты», радиусом 0,5 – 10 км.

Интенсивность излучения базовой станции определяется нагрузкой, то есть наличием владельцев сотовых телефонов в зоне обслуживания конкретной базовой станции и их желанием воспользоваться телефоном для разговора, что, в свою очередь, коренным образом зависит от времени суток, места расположения станции, дня недели и других факторов. В ночные часы загрузка станций практически равна нулю. Интенсивность же излучения мобильных аппаратов зависит в значительной степени от состояния канала связи «мобильный радиотелефон – базовая станция» (чем больше расстояние от базовой станции, тем выше интенсивность излучения аппарата).

Радиолокационные и радарные установки имеют обычно антенны рефлекторного типа («тарелки») и излучают узконаправленный радиолуч. Периодическое перемещение антенны в пространстве приводит к пространственной прерывистости излучения. Вследствие особого характера излучения они могут создавать на местности зоны с высокой плотностью потока энергии (100 Вт/м<sup>2</sup> и более).

Для научных исследований в медицине применяют токи ультравысокой частоты (УВЧ-терапия) и СВЧ – аппараты для микроволновой терапии; в радиотехнике – токи ультравысокой и сверхвысокой частоты.

В электронной промышленности источниками электромагнитных излучений радиоволнового диапазона на участках динамических испытаний приборов могут быть испытываемые приборы, элементы волноводных трактов, измерительные генераторы.

## **Биологическое действие электромагнитных полей**

Биологический эффект ЭМП зависит от диапазона частот, интенсивности воздействующего фактора, продолжительности облучения (экспозиции), характера излучения (непрерывное, модулированное) и режима облучения (постоянное, периодическое, интермиттирующее).

**СЭП** – фактор, обладающий сравнительно низкой биологической активностью. Нарушения носят, как правило, функциональный характер и проявляются астено-невротическим синдромом и вегето-сосудистой дистонией. Возможное развитие невротических реакций, в том числе фобий. В симптоматике преобладают субъективные жалобы невротического характера (головная боль, нарушение сна, ощущение «удара током» и т. п.).

Воздействие **ПМП** может вызывать у работающих вегетодистонии, астено-вегетативный и периферический вазовегетативный синдромы или их сочетания. Характерны жалобы астенического характера, функциональные сдвиги со стороны сердечно-сосудистой системы (брадикардия, иногда тахикардия, изменение на ЭКГ зубца Т), тенденция к гипотонии.

При воздействии на работников в экранированных помещениях **ГМП** выявлены признаки дисбаланса основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистонии мозговых сосудов с наличием регуляторной межполушарной асимметрии. Нарушения механизмов регуляции вегетативной нервной системы проявляются в развитии функциональных изменений со стороны сердечно-сосудистой системы в виде лабильности пульса и АД, нейроциркуляторной дистонии гипертензивного типа, нарушения процесса реполяризации миокарда. Со стороны иммунной системы было отмечено снижение общего числа Т-лимфоцитов, концентрации IgG и IgA, увеличение концентрации IgE.

Неблагоприятные воздействия **ЭМП ПЧ** проявляются только при напряжённости магнитного поля порядка 160 – 200 А/м. Электрическое поле промышленной частоты характеризуется слабым проникновением в тело человека, а для магнитного поля организм «прозрачен».

Основную опасность для организма представляет влияние наведенного электрического тока на возбудимые структуры (нервная, мышечная ткань). Отмечают жалобы неврологического характера – на нарушение сна, головную боль, раздражительность, нарушение работоспособности; жалобы на нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта. У рабочих отмечается вегетативная дисфункция (тахи- и брадикардия, артериальная гипертония или гипотония, лабильность пульса, гипергидроз). На ЭКГ у отдельных пациентов обнаруживалось нарушение сердечного ритма и частоты сердечных сокращений (ЧСС), снижение вольтажа комплекса QRS, уплощение зубца T. Выявлены изменения реоэнцефалографии, выходящие за верхние границы нормы по параметрам диастолического и дикротического индексов; повышение тонуса сосудов головного мозга.

При электроэнцефалографии – снижение амплитуды  $\alpha$ -ритма, изменение амплитуды вызванных потенциалов на световую стимуляцию.

Отмечается изменение состава периферической крови (умеренная тромбоцитопения, нейтрофильный лейкоцитоз, моноцитоз, тенденция к ретикулопении, эозинофилия, нарушение соотношения иммунорегуляторных клеток, угнетение гуморального звена иммунитета, повышение содержания холестерина в крови).

ЭМП промышленной частоты могут приводить к увеличению хромосомных aberrаций в соматических клетках (лимфоцитах крови), канцерогенному действию – лейкогенному действию (особенно при низкой интенсивности магнитного поля).

Биологическое действие ЭМП РЧ зависит от его характеристик: длины волны (или частоты излучения), режима генерации (непрерывный, импульсный), условий воздействия на организм (постоянное, прерывистое, общее, местное, интенсивность, длительность). С увеличением длины волны (или снижением частоты) излучения биологическая активность ЭМП РЧ снижается. Наиболее активными являются санти-, деци- и метровый диапазоны радиоволн.

Биологическая активность при облучении отдельных частей тела (за исключением головы) меньше, чем при общем воздействии, что объясняется существенными различиями в количестве падающей и поглощаемой энергии.

Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависит от формы и размеров облучаемого объекта, от соотношения этих размеров с длиной волны излучения. С этих позиций в спектре электромагнитного излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона выделяют три области:

- ЭМИ с частотой до 30 МГц;
- ЭМИ с частотой более 10 ГГц;
- ЭМИ с частотой от 30 МГц до 10 ГГц.

В первой области отмечается быстрое падение величины поглощения с уменьшением частоты (приблизительно пропорционально квадрату частоты). Для второй области характерно очень быстрое затухание энергии ЭМИ при проникновении внутрь ткани: практически вся энергия поглощается в поверхностных слоях биологических структур. Для третьей, промежуточной по частоте, области характерно наличие ряда максимумов поглощения, при которых тело как бы втягивает в себя поле и поглощает энергии больше, чем приходится на его поперечное сечение. В этом случае резко проявляются интерференционные явления, приводящие к возникновению локальных максимумов поглощения, так называемых горячих пятен. Для человека условия возникновения максимумов поглощения в голове имеют место на частотах 750 – 2500 МГц, а максимум, обусловленный резонансом с общим размером тела, лежит в диапазоне частот 50 – 300 МГц.

В последнее десятилетие получила дальнейшее развитие информационная теория воздействия ЭМИ, основанная на концепции взаимодействия внешних полей с внутренними полями организма.

Механизм биологического действия ЭМП радиочастот обусловлен их тепловым и нетепловым эффектом. Тепловое действие ЭМП характеризуется повышением температуры тела, а также локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода в них электромагнитной энергии в тепловую за счет диэлектрических потерь.

Электромагнитное излучение влияет на молекулы воды, вызывая их деполяризацию. Деполяризованные молекулы начинают вращаться и выделяют тепло. Нагрев особенно опасен для органов со слаборазвитой сосудистой системой с неинтенсивным кровообращением.

Согласно теории молекулярной и ионной поляризации, а также концепции информационного взаимодействия ЭМП с живыми объектами, электромагнитные поля низкой интенсивности обладают атермическим действием. Для ЭМП радиочастот при многократно повторяющемся их действии характерен кумулятивный биологический эффект.

Критические органы и ткани: хрусталик, стекловидное тело, мочевого пузырь, желудок, кишечник, нервная система, эндокринная система.

К числу критических органов и систем относят кроветворную систему.

Систематическое воздействие редко повторяющихся широкополосных электромагнитных импульсов, генерируемых электроразрядными установками, может оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья обслуживающего их персонала. Отмечается развитие астено-вегетативного синдрома, изменения в эмоциональной и познавательной сферах, эндокринные расстройства, нарушения внутрисердечной проводимости, повышение сосудистого тонуса и периферического сопротивления мозговых сосудов, обуславливающее гипертонический характер мозгового кровотока, в зависимости от стажа работы, длительности контакта с излучением и пиковых напряженностей электрической составляющей электромагнитных импульсов на рабочих местах. Выявлено возрастание частоты разрушения ядер клеток эпителия слизистой рта (появление микроядер), что может свидетельствовать о нарушениях хромосомного аппарата. Воздействие на работающих ЭМП радиочастотного диапазона могут приводить к развитию острых и хронических нарушений в состоянии здоровья человека.

**Острые поражения** возникают при авариях или грубых нарушениях техники безопасности, когда имеет место воздействие значительных тепловых интенсивностей ЭМП. Острые поражения

могут быть тяжелыми, средней тяжести и легкими. Пострадавшие отмечают признаки выраженной астенизации (ухудшение самочувствия во время работы или сразу после ее прекращения, резкая головная боль, головокружение, тошнота, повторные носовые кровотечения, нарушение сна, общая слабость, адинамия, потеря работоспособности, обморочные состояния, неустойчивость АД и показателей белой крови), а также могут наблюдаться диэнцефальные расстройства (приступы тахикардии, профузного пототделения, дрожания тела) и угнетение функции половых желез. При воздействии высоких уровней ЭМИ (более 80 – 100 мВт/см<sup>2</sup>) на глаза возможно развитие катаракты. Как правило, нарушения сохраняются до 1,5 – 2 мес.

**Хронические поражения** развиваются, как правило, после нескольких лет работы с источниками ЭМИ радиочастотного (микроволнового) диапазона при уровнях воздействия, составляющих от десятых долей до нескольких мВт/см<sup>2</sup> и превышающих периодически 10 мВт/см<sup>2</sup>.

Выделяют три характерных синдрома действия радиочастотного излучения: астенический, астено-вегетативный и гипоталамический (диэнцефальный). Клиническая картина хронического действия ЭМП радиочастот нетермогенных интенсивностей развивается на фоне нарастающей неврастенической симптоматики.

На ранних стадиях воздействия фактора характерны жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, нарушение сна, ослабление памяти, боль в области сердца, иногда гипотензию, брадикардию. В более выраженной стадии основное значение приобретают вегетативные нарушения, связанные с преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, проявляющиеся сосудистой неустойчивостью с гипертензивными и ангиоспастическими реакциями, иногда с церебральными кризами симпатико-адреналового характера. В период кризов возможны приступы пароксизмальной мерцательной аритмии, желудочковой экстрасистолии. Больные повышено возбудимы, эмоционально лабильны. Увеличивается количество жалоб: легкая возбудимость, нарушение сна, снижение памяти, приступообразная головная боль, головокружение, об-

морочные состояния, сжимающая боль в области сердца, лабильность пульса, артериальная гипертензия, сужение артерий сетчатки.

При воздействии СВЧ-излучения может развиваться катаракта, как при кратковременном облучении, так и при длительном воздействии невысокой плотности потока энергии (ППЭ). В крови наблюдается полиморфность изменений, в основном отмечается лабильность количества лейкоцитов, чаще тенденция к лейкоцитозу. При тяжелых формах заболевания развивается лейкопения, реже – лимфопения, моноцитоз, ретикулоцитоз, умеренная тромбоцитопения, возможны изменения со стороны костного мозга. Отмечаются сдвиги в соотношении белковых фракций, повышенное содержание гистамина, изменяются гликемическая кривая и содержание в крови фосфора, калия, натрия и других макро- и микроэлементов. Возможны нарушения со стороны эндокринной системы (гиперфункция щитовидной железы, стимуляция системы гипофиз – корковое вещество надпочечников, нарушение функций половых желез).

Нарушения половой функции обычно связаны с изменением ее регуляции со стороны нервной и эндокринно-регулятивной систем, а также с резким снижением активности половых клеток. Установлено, что половая система женщин более чувствительна к электромагнитному воздействию, нежели мужская. Кроме того, чувствительность к этому воздействию эмбриона в период внутриутробного развития во много раз выше, чем материнского организма. Считается, что электромагнитные поля могут вызывать патологии развития эмбриона, воздействуя в различные стадии беременности. Также установлено, что наличие контакта женщин с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам и снизить скорость нормального развития плода. При этом периодами максимальной чувствительности являются имплантация и ранние стадии органогенеза.

На данный момент имеется большое количество данных, указывающих на негативное воздействие электромагнитных полей на иммунологическую реактивность организма. Установлено также, что при электромагнитном воздействии изменяется характер инфекционного процесса – течение инфекционного процесса отягощается аутоиммунной реакцией (атакой иммунной системы на собствен-

ный организм). Возникновение аутоиммунитета связано с патологией иммунной системы, в результате чего она реагирует против нормальных, свойственных данному организму тканевых структур. Такое патологическое состояние характеризуется в большинстве случаев дефицитом лимфоцитов (специализированных клеток иммунной системы), генерируемых в вилочковой железе (тимусе), угнетаемой электромагнитным воздействием. Электромагнитное поле высокой интенсивности также может способствовать неспецифическому подавлению иммунитета, а также особо опасной аутоиммунной реакции к развивающемуся эмбриону.

Длительный контакт с электромагнитным полем в СВЧ-диапазоне может привести к развитию заболевания, получившего наименование «радиоволновая болезнь». Клиническую картину этого заболевания определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Люди, длительное время находящиеся в зоне облучения, предъявляют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций нервной системы. Со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются гипотония, боли в сердце, нестабильность пульса. У людей, находящихся (в основном по долгу службы) в зоне облучения непрерывно, возникают изменения в структуре костного мозга в сторону увеличения скорости регенерации. Через 1 – 3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость. Имеются также данные о возникновении психических расстройств у людей, в течение 5 лет и более, систематически подвергавшихся облучению электромагнитным полем с напряженностью, близкой к предельно допустимой.

Отмечается возможность развития синдрома депрессии, болезни Альцгеймера и Паркинсона, прогрессирующей мышечной атрофии, ускоренного старения организма.

## Измерение и гигиеническое нормирование ЭМП

**Основные измерительные приборы:** АКС-1201 анализатор электромагнитного поля, АКС-1292 анализатор электромагнитного поля, АТТ-2592 измеритель уровня электромагнитного фона, АТТ-8504 измеритель напряженности магнитного поля, АТТ-8509 измеритель уровня электромагнитного поля, АТТ-8701 измеритель напряженности магнитного поля, ВЕ-50 измеритель электромагнитного поля промышленной частоты, ВЕ-50И индикатор уровня ЭМП промышленной частоты 50 Гц, ВЕ-МЕТР-АТ-002 (003) измеритель параметров электрического и магнитного полей, ИМП-04 (05) измеритель магнитного поля, ИЭП-04 (05) измеритель электрического поля, ИЭСП-01 (А, Б) измеритель напряженности электростатического потенциала, ИЭСП-01 (В) измеритель напряженности электростатического потенциала и поля, Циклон-04 (05) комплект приборов для измерения электромагнитных излучений, ПЗ-50 измеритель напряженности поля промышленной частоты, ПЗ-30 измеритель интенсивности электромагнитного излучения, ПЗ-40 измеритель электромагнитных излучений, ИПМ-101М измеритель напряженности поля малогабаритный микропроцессорный, ПЗ-33 измеритель плотности потока энергии электромагнитного поля, СТ-01 измеритель напряженности электростатического поля, МТМ-01 измеритель постоянного магнитного и гипогеомагнитного поля трехкомпонентный и др.

Гигиеническое нормирование электромагнитного излучения основывается на медико-биологической разработке предельно допустимых уровней (ПДУ). ПДУ устанавливаются с помощью физических, физиологических, гематологических, иммунологических, биохимических, генетических исследований, которые проводятся на экспериментальных животных. Эти исследования показали, что характер и степень влияния электромагнитного излучения при одном и том же уровне ЭМП зависят от его частоты и импульсности.

При гигиеническом нормировании электромагнитного излучения применяется принцип дифференцированного нормирования по частоте.

Энергия квантов ЭМП в диапазоне частот от долей Гц до 300 ГГц, т. е. в зоне индукции, достаточно низка и не способна вызывать ионизацию атомов и молекул веществ. Поэтому этот участок электромагнитных излучений относится к неионизирующим.

Интенсивность ЭМП в диапазоне от долей Гц до 300 МГц оценивается отдельно по электрической составляющей  $E$  в вольтах на метр и по магнитной – в ампер на метр.

В диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц, т. е. в волновой зоне, интенсивность ЭМП оценивается плотностью потока энергии (ППЭ), то есть количеством энергии, падающей на единицу поверхности, единицей измерения которого является Ватт на квадратный метр ( $Вт/м^2$ ).

Интенсивность магнитных полей измеряется также в теслах (Тл), миллитеслах (мТл), микротеслах (мкТл) и нанотеслах (нТл).

Под влиянием электромагнитного излучения могут находиться различные группы населения, которые по-разному облучаются: рабочие, занятые производственным процессом, в котором используется электромагнитное излучение; население, которое проживает в городах, где функционируют радиотехнические средства (радио-, телевизионные и радиолокационные станции, другие источники электромагнитного излучения). Экспозиция воздействия ЭМП на эти группы населения должна быть различной. Например, рабочие могут находиться под влиянием ЭМП только во время рабочей смены, т. е. 8 ч в сутки, население, особенно дети, люди пожилого возраста, которые большую часть суток находятся дома, подвергаются излучению почти круглосуточно. В связи с этим во всем мире электромагнитное излучение нормируется отдельно для рабочих мест и для окружающей среды.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03 «Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях» от 1 мая 2003 года устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП, а также требования к проведению контроля уровней ЭМП на рабочих местах, методам и средствам защиты работающих. Санитарные правила устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных

воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП.

Санитарные правила устанавливают на рабочих местах:

- временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля (ГМП);
- ПДУ электростатического поля (ЭСП);
- ПДУ постоянного магнитного поля (ПМП);
- ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП и МП ПЧ);
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот  $\geq 10$  кГц – 30 кГц;
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот  $\geq 30$  кГц – 300 ГГц.

**Нормирование СЭП.** В соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» предельно допустимая величина напряженности СЭП на рабочих местах устанавливается в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня. Уровень ЭСП оценивают в единицах напряженности электрического поля (Е) в кВ/м.

Предельно допустимая напряженность СЭП на рабочих местах обслуживающего персонала не должна превышать следующих величин:

1. при воздействии до 1 ч – 60 кВ/м;
2. при воздействии от 1 до 9 ч – определяется расчетным методом по формуле:

$$E_{\text{пду}} = 60 / \sqrt{t}, \text{ где } t - \text{ время воздействия.}$$

Нормативный документ «Допустимые уровни напряженности электростатических полей и плотности ионного тока для персонала подстанций и воздушных линий постоянного тока ультравысокого напряжения» № 6022-91 регламентирует условия сочетанного

влияния указанных в названии факторов на персонал, обслуживающих энергосистемы постоянного тока ультравысокого напряжения. В соответствии с требованиями документа ПДУ СЭП и плотности ионного тока составляют:

1. для полного рабочего дня – 15 кВ/м и 20 нА/м<sup>2</sup>;
2. для 5-часового воздействия – 20 кВ/м и 25 нА/м<sup>2</sup>.

**Нормирование ПМП.** В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» ПДУ ПМП дифференцированы в зависимости от времени воздействия на работника за смену, как для условий общего (на все тело), так и локального (кисти рук, предплечья) воздействия.

Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл.

**Нормирование гипогеомагнитного поля.** В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» основные нормируемые параметры геомагнитного поля – его интенсивность и коэффициент ослабления.

Интенсивность ГМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в Тл (мкТл, нТл), которые связаны между собой следующим соотношением:

$$H = B / \mu_0, \text{ где}$$
$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} - \text{магнитная постоянная,}$$
$$\text{при этом } 1 \text{ А/м} \sim 1,25 \text{ мкТл}, 1 \text{ мкТл} \sim 0,8 \text{ А/м}.$$

Интенсивность вектора ПМП внутри экранированного объекта, помещения, технического средства, выраженная в величинах напряженности, является суперпозицией напряженности проникающего геомагнитного поля, определяемого коэффициентом экранирования и напряженности МП, обусловленного остаточной намагниченностью материала, из которого выполнена экранирующая конструкция.

Временные допустимые уровни ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала внутри объекта, помещения, технического средства в течение рабочей смены не

должны превышать 2 раз по сравнению с его интенсивностью в открытом пространстве на территории, прилегающей к месту их расположения.

**Нормирование ЭМП промышленной частоты.** Зависимость биологических эффектов от плотности наведенных ЭП и МП положена в основу разработанных по заданию ВОЗ Международных временных рекомендаций по ПДУ ЭП и МП 50/60 Гц. Эту зависимость можно представить следующим образом:

1. минимальные эффекты, не представляющие опасности для человека при плотности тока  $1 - 10 \text{ мА/м}^2$ ;
2. выраженные эффекты (зрительные и со стороны нервной системы) –  $10 - 100 \text{ мА/м}^2$ ;
3. стимуляция возбудимых структур, возможно неблагоприятное влияние на здоровье –  $100 - 1000 \text{ мА/м}^2$ ;
4. возможна экстрасистолия, фибрилляция желудочков сердца (острое поражение) – более  $1000 \text{ мА/м}^2$ .

Гигиеническая регламентация ЭМП промышленной частоты осуществляется отдельно для ЭП и МП. Нормируемым параметром ЭП служит напряженность, которая оценивается в киловольтах на метр (кВ/м); МП – магнитная индукция или напряженность МП, измеряемые соответственно в милли- или микротеслах (мТл, мкТл) и амперах или килоамперах на метр (А/м, кА/м).

ПДУ напряженности ЭП регламентируются СанПиН № 5802-91 «Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)» и ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах». В соответствии с требованиями этих документов ПДУ ЭП промышленной частоты для полного рабочего дня составляет 5 кВ/м, а максимальный ПДУ для воздействия не более 10 мин. – 25 кВ/м.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м.

Оценку воздействия МП промышленной частоты на человека согласно СанПиН № 2.2.4.723-98 «Переменные магнитные

поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях» производят на основании двух параметров – интенсивности и продолжительности воздействия. ПДУ МП промышленной частоты устанавливают в зависимости от длительности пребывания персонала для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот  $\geq 10 - 30$  кГц осуществляется отдельно по напряженности электрического (E), В/м, и магнитного (H), А/м, полей в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно. ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до 2 часов за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот  $\geq 30$  кГц – 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот  $\geq 30$  кГц – 300 МГц рассчитывается по формулам:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч};$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч},$$

где E – напряженность электрического поля (В/м);

H – напряженность магнитного поля (А/м), плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>);

T – время воздействия за смену (час.).

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью МП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью. Допустимое время пребывания может быть реализовано за один раз или дробно в течение рабочего дня.

**Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона.** Основным нормативным документом, регламентирующим допустимые уровни воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона, в настоящее время служит СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

В профессиональных ПДУ воздействия в диапазоне частот до 30 кГц основным нормируемым параметром служит напряженность ЭП и МП, а временной фактор воздействия учитывается в меньшей степени. ПДУ воздействия составляют:

- 1) 500 В/м и 50 А/м – для полного рабочего дня;
- 2) 1000 В/м и 100 А/м – для воздействия до 2 ч за рабочий день.

В диапазоне частот выше 30 кГц используют энергетический (или дозовый) подход. Наряду с интенсивностными параметрами (напряженностью ЭП и МП, плотностью потока энергии), нормируют энергетическую экспозицию (или энергетическую нагрузку) за рабочий день. Последняя выражается в диапазоне частот до 300 МГц произведением квадрата напряженности ЭП или МП на время воздействия на организм; в диапазоне частот выше 300 МГц – произведением плотности потока энергии излучения на время воздействия.

Уровни ЭМИ радиолокационных станций, работающих в режиме вращения или сканирования антенны (или луча), на территории населенных мест не должны превышать:

- 1) для радиолокационных станций диапазона от 300 МГц до 300 ГГц с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 20 – 100 мкВт/см<sup>2</sup>;
- 2) для радиолокационных станций специального назначения, предназначенных для контроля космического пространства и работающих в диапазоне 150 – 300 МГц, – 10 мкВт/см<sup>2</sup> (6 В/м) в ближней зоне и 100 мкВт/см<sup>2</sup> (19 В/м) – в дальней.

Граница между ближней и дальней зонами диаграмм излучения определяется из соотношения квадрата максимального размера излучающей апертуры и длины волны излучения.

В последние годы широкое распространение получили такие источники ЭМИ, как радиотелефоны и видеодисплейные терминалы. Особенности спектральной характеристики излучений видеодисплейных терминалов (представлен достаточно широкий спектр частот) и особенности условий использования радиотелефонов с максимальным приближением к голове пользователя потребовали разработки отдельных гигиенических регламентов, обеспечивающих безопасность пользователей.

В СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» изложены основные требования к размещению производственных источников ЭМИ и передающих радиотехнических объектов (радиолокационных, радиопередающих, телевизионных, радиорелейных станций, наземных станций спутниковой связи и др.), установлены порядок и сроки проведения контроля уровней ЭМИ.

Гигиеническая оценка облучаемости подвергающихся воздействию ЭМИ радиочастотного диапазона проводится на основании определения двух параметров – интенсивности ЭМИ и времени его воздействия.

Интенсивность ЭМИ определяют путем измерения напряженности ЭП и МП в диапазоне частот ниже 300 МГц и по плотности потока энергии ЭМИ – в диапазоне частот выше 300 МГц. Время воздействия определяют с помощью специальных хронометражных исследований.

Для проведения измерений уровней ЭМИ рекомендуются приборы двух типов:

- 1) с антеннами, требующими учета поляризации поля, т. е. направленного действия (NFM-1, ПЗ-9);
- 2) измерители с изотропными датчиками (ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17, ... ПЗ-25).

Для оценки ЭМИ радиочастотного диапазона наряду с инструментальными применяются расчетные методы. Используя данные о технических параметрах радиопередающих устройств (мощность передатчика, коэффициент усиления антенны, потери энергии в антенно-фидерном тракте, значения нормированной диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях и др.), а также о влиянии земли, можно рассчитать интенсивности ЭМИ в любой точке пространства.

### **Профилактические мероприятия**

Для обеспечения безопасности работ с устройствами, излучающими электромагнитную энергию, и соблюдения предельно допустимого уровня облучения используют средства и способы защиты, которые условно можно разделить на три группы: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические.

**Организационные мероприятия** предусматривают

- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- выделение зон воздействия ЭМП (зоны с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками);
- расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;
- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП от других источников;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

**Инженерно-технические мероприятия** включают электрогерметизацию элементов схем, блоков, узлов и установки в целом с целью снижения или устранения электромагнитного излучения. Все источники ЭМП должны максимально экранироваться металлическими кожухами или перегородками, экранирующими кабинами, передвижными и стационарными экранами, дистанционными управляемыми аппаратами, с помощью костюмов из металлизированной ткани, защитных очков, экранирующего головного убора и специальной обуви. В помещениях, где установлены ВЧ- и УВЧ-генераторы, может наблюдаться повторное излучение энергии радиочастот в соседних помещениях. Проводниками энергии в этом случае могут явиться провода осветительной и телефонной сети. В связи с этим для предупреждения распространения энергии радиочастот в местах выхода проводов из экранов ВЧ-установок применяются электрические фильтры различных конструкций.

Электромагнитные излучения могут проникать в помещения через оконные и дверные проемы (явление дисперсии электромагнитных волн). Для экранирования оконных проемов применяются либо мелкая ячейчатая металлическая сетка (этот метод защиты не распространен по причине неэстетичности самой сетки и значительного ухудшения вентиляционного газообмена в по-

мещении), либо металлизированное (напылением или горячим прессованием) стекло, обладающее экранирующими свойствами. Металлизированное стекло горячего прессования имеет кроме экранирующих свойств повышенную механическую прочность и используется в особых случаях (например, для наблюдательных окон на атомных регенерационных установках). Для защиты от электромагнитного воздействия населения чаще всего применяется стекло, металлизированное напылением. Напыленная пленка металлов (олово, медь, никель, серебро) и их оксидов обладает достаточной оптической прозрачностью и химической стойкостью. Нанесенная на одну сторону поверхности стекла, она ослабляет интенсивность излучения в диапазоне 0,8 – 150 см в 1000 раз. При нанесении пленки на обе стороны стекла достигается снижение интенсивности в 10 000 раз.

Экранирование дверных проемов в основном достигается за счет использования дверей из проводящих материалов (стальные двери).

**Индивидуальные средства защиты** (защитная одежда) должны изготавливаться из металлизированной (или любой другой ткани с высокой электропроводностью) и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение.

Защитная одежда включает в себя: комбинезон или полукombинезон, куртку с капюшоном, халат с капюшоном, жилет, фартук, средство защиты для лица, рукавицы (или перчатки), обувь. Все части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

Профилактическим мероприятием защиты от ЭМП является строгое соблюдение **санитарно-защитных зон** вблизи источников ЭМП, правильное использование и контроль за напряженностью излучения на данной территории. Так, в местах прохождения сверхвысоковольтных ЛЭП сельскохозяйственные угодья, находящиеся в санитарно-защитных зонах ВЛ, рекомендуется использовать под выращивание сельскохозяйственных культур, не требующих ручной обработки.

На территории санитарно-защитной зоны ВЛ (высоковольтных линий) напряжением 750 кВ и выше запрещается проведение сельскохозяйственных и других работ лицами в возрасте до 18 лет.

В местах пересечения автодорог с ВЛ должны устанавливаться дорожные знаки, запрещающие остановку транспорта в санитарно-защитных зонах этих линий, и должна проводиться разъяснительная работа среди населения по пропаганде мер безопасности при выполнении работ и нахождении вблизи ВЛ.

Одним из путей решения вопросов биологической защиты от ЭМП может быть градостроительная реконструкция прилегающей к источникам излучения территории. При этом следует предусмотреть: вынос из санитарно-защитной зоны жилых и административных зданий, школ, детских учреждений, общежитий, из зоны ограничения застройки – больниц, оздоровительных учреждений для длительного отдыха, домов престарелых, инвалидов, школ-интернатов; максимальное сохранение зеленых насаждений в пределах всей санитарно-защитной зоны, а по периметру санитарно-защитной зоны – насаждений защитной зеленой полосы.

**Лечебно-профилактические мероприятия.** В целях предупреждения профессиональных заболеваний существенным мероприятием является проведение предварительных и периодических медицинских осмотров. Поскольку изменения, возникающие в организме при воздействии ЭМП, чаще всего обратимы, то при периодических медицинских осмотрах (раз в 6 месяцев) может быть установлена необходимость временного перевода рабочих на работу, не связанную с радиоволновым облучением. К числу противопоказаний для приема на работу с источниками ЭМП относятся органические заболевания центральной нервной системы, выраженные эндокринно-вегетативные и сердечно-сосудистые нарушения, активный туберкулез легких и пр.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в состоянии беременности допускаются к работе в условиях воздействия ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленных для населения.

Для персонала, постоянные рабочие места которого располагаются в помещениях без естественного света, следует предусмотреть наличие комнат отдыха с оптимальным естественным освещением, а также фотариев, оснащенных УФ-облучателями. Для профилактики утомления и восстановления работоспособности,

снятия нервно-психического напряжения рекомендуется использование комплексов психофизиологической разгрузки, выполнение производственной гимнастики.

При гигиенической оценке условий труда работающих с источниками ЭМП радиочастотного диапазона необходимо также учитывать сопутствующие неблагоприятные факторы окружающей среды: акустический шум, дискомфортный микроклимат, рентгеновское, ультрафиолетовое, видимое излучение и т. д.

Для защиты от **статического электричества** необходимо уменьшение генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала, что достигается:

- 1) заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования, изолированных электропроводящих участков технологических установок;
- 2) увеличением поверхностей и объемной проводимости диэлектриков;
- 3) установкой нейтрализаторов статического электричества;
- 4) увеличением влажности воздуха до 65 – 75%, когда это возможно по условиям технологического процесса.

В качестве СИЗ могут применяться антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

При действии ПМП необходимо:

- 1) организовать рациональный режим труда и отдыха;
- 2) сокращение времени нахождения в условиях действия ПМП, определение маршрута, ограничивающего контакт с ПМП в рабочей зоне;
- 3) применять сквозные технологические кассеты для работ, связанных со сборкой полупроводниковых приборов, ограничивающих контакт кистей рук работающих с ПМП;
- 4) автоматизировать процесс измерения магнитных параметров изделий на предприятиях по производству постоянных магнитов;
- 5) применение дистанционных приспособлений (щипцы из немагнитных материалов, пинцеты, захваты);

б) применение блокирующих устройств, отключающих электромагнитную установку при попадании кистей рук в зону действия ПМП.

В целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все работающие в **гипогеомагнитных условиях**, аналогично подвергающимся производственным воздействиям ПМП искусственного происхождения, должны проходить предварительный медицинский осмотр и ПМО в соответствии с действующим законодательством РФ в установленном порядке.

К работе в гипогеомагнитных условиях не допускаются лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в период беременности с момента ее установления. Рекомендуется в случае превышения временных допустимых уровней ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах ограничить время пребывания в таких условиях до 6 ч.

Снижение уровней **МП промышленной частоты** до предельно допустимых значений обеспечивается за счет снижения нагрузки на токоведущих частях, находящихся под напряжением, использованием материалов для экранирования МП или активных экранов. Допустимое время пребывания персонала в условиях воздействия ЭМП промышленной частоты ограничивается продолжительностью рабочего дня и соответственно уменьшается с возрастанием интенсивности экспозиции.

Для размещения воздушных линий сверхвысокого напряжения различного класса устанавливают возрастающие размеры санитарно-защитных зон.

В качестве средств коллективной защиты используются стационарные экраны – различные заземленные металлические конструкции (щитки, козырьки, навесы сплошные или сетчатые, системы тросов), размещаемые над рабочими местами персонала, находящегося в зоне действия ЭП промышленной частоты, а также передвижные (переносные) съемные экраны.

В качестве СИЗ от ЭП промышленной частоты служат индивидуальные экранирующие комплекты с разной степенью экранирования не только для наземных работ в зоне воздействия ЭП промышленной частоты напряженностью не более 60 кВ/м, но и для

выполнения работ с непосредственным касанием токоведущих частей, находящихся под напряжением (работ под напряжением) на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 – 1150 кВ.

Защита персонала от воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона достигается путем:

- 1) выбора рациональных режимов работы установок;
- 2) ограничения времени нахождения персонала в зоне облучения;
- 3) рационального размещения оборудования;
- 4) использования поглотителей мощности, экранирования;
- 5) использования СИЗ (защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) ЭМП. Понятия, классификации, источники.
- 2) Биологическое действие на организм.
- 3) Методы измерений ЭМП. Основные нормативные документы.
- 4) Профилактические мероприятия при воздействии ЭМП.

### ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ДИАПАЗОН РАДИОВОЛН ИМЕЕТ ДЛИНУ ВОЛН
  - 1) от 10 м до 3000 м
  - 2) от 1 м до 10 м
  - 3) от 1 м до 1 мм
  
2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ (ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ), ИМЕЮТ
  - 1) ВЧ-диапазон
  - 2) УВЧ-диапазон
  - 3) СВЧ-диапазон

3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ (МЕСТНЫЙ НАГРЕВ), ИМЕЮТ
  - 1) СВЧ-диапазон
  - 2) УВЧ-диапазон
  - 3) ВЧ-диапазон
  
4. МЕЖДУ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ И ЧАСТОТОЙ КОЛЕБАНИЙ СУЩЕСТВУЕТ ЗАВИСИМОСТЬ
  - 1) прямая
  - 2) экспоненциальная
  - 3) обратная
  
5. ПОРАЖЕНИЯ ГЛАЗ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭМП ДИАПАЗОНА
  - 1) СВЧ
  - 2) УВЧ
  - 3) ВЧ
  
6. В ВОЛНОВОЙ ЗОНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ
  - 1)  $E, В/м$
  - 2) ППЭ,  $Вт/м^2$
  - 3)  $H, А/м$
  
7. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП РАДИОЧАСТОТ ЗАВИСИТ ОТ
  - 1) частоты колебаний
  - 2) длительности воздействия
  - 3) интенсивности поля
  - 4) теплового излучения
  - 5) режима облучения

8. РАБОТА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП ДИАПАЗОНА РАДИОЧАСТОТ МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ РАССТРОЙСТВА
- 1) нервной системы
  - 2) сердечно-сосудистой системы
  - 3) желудочно-кишечного тракта
  - 4) дыхательной системы
  - 5) водно-солевого обмена
9. РАДИОВОЛНЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАДИОНАВИГАЦИИ, РАДИОЛОКАЦИИ, ТЕЛЕВИДЕНИИ, ИМЕЮТ
- 1) ВЧ-диапазон
  - 2) СВЧ-диапазон
  - 3) УВЧ-диапазон
10. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭМП ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ
- 1) длиной волны
  - 2) магнитной проницаемостью
  - 3) диэлектрической проницаемостью
  - 4) частотой колебаний
  - 5) эффективной температурой

## 6. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

**Цель изучаемой темы:** разобрать со студентами гигиеническую характеристику лазерного излучения, его нормирование, воздействие на организм, познакомить с измерительной аппаратурой и методикой измерения.

**Лазерное излучение (ЛИ)** – вынужденное (стимулированное) электромагнитное излучение оптического диапазона, получаемое с помощью лазера.

Основной источник – оптический квантовый генератор (лазер). Лазерная установка включает активную (лазерную) среду с оптическим резонатором, источник энергии ее возбуждения и, как правило, систему охлаждения.

## Классификации лазерного излучения

**I. По виду излучение лазерное излучение** подразделяется на:

- прямое;
- рассеянное;
- зеркально отраженное;
- диффузное.

**II. По степени опасности:**

1-й класс. К лазерам первого класса относятся такие, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи.

2-й класс. К лазерам второго класса относятся такие лазеры, эксплуатация которых связана с воздействием прямого и зеркально отраженного излучения только на глаза.

3-й класс. Лазеры характеризуются опасностью воздействия на глаза прямого, и зеркально и диффузно отраженного излучения на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности, а также прямого и зеркально отраженного излучения на кожу.

4-й класс. Лазеры характеризуются опасностью воздействия на кожу на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

**III. Различают две основные группы лазерного излучения:**

- 1) непрерывного действия;
- 2) импульсного действия (импульсное излучение – в течение от 0,001 секунды до  $10^{-14}$  секунд, могут возникать различные пики – импульсы).

**IV. Диапазон лазерного излучения разделяют на ряд областей:**

- 1) 0,18 – 0,38 мкм – ультрафиолетовая область;
- 2) 0,38 – 0,75 мкм – видимая область;
- 3) 0,75 – 1,4 мкм – ближняя инфракрасная область;
- 4) > 1,4 мкм – дальняя инфракрасная область.

**Характеристики лазерного излучения:**

- 1) очень большой диапазон длины волны;
- 2) монохроматичность;
- 3) направленность высокой степени;
- 4) когерентность (согласованность) во времени, фазе, пространстве.

Лазерное излучение способно распространяться на большие расстояния и отражаться от границы раздела двух сред.

## Биологическое действие лазерного излучения

Зависит от параметров лазерного излучения: длины волны; мощности энергии излучения; длительности воздействия; от размера облучаемой области (размерный эффект); от анатомо-физиологических особенностей облучаемых тканей; при импульсном излучении – от частоты следования импульсов.

Никаким специфическим действием лазерное излучение на ткани не обладает, подчиняясь основным законам биофизики.

Лазерное излучение проникает через ткани и поглощается ими. В тканях эта энергия преобразуется в другие виды энергии – тепловую, механическую, энергию фотохимических процессов.

Эффекты от действия лазерного излучения:

- 1) тепловой эффект;
- 2) ударный эффект;
- 3) эффект светового давления.

Наибольшему риску подвергается орган зрения. Сетчатка глаза может быть поражена лазерами видимого излучения (0,38 – 0,75 мкм), ближнего инфракрасного (ИК) (0,75 – 1,4 мкм). Лучи ультрафиолетовой (УФ) (0,18 – 0,38 мкм) и дальней инфракрасной (> 1,4 мкм) области не достигают сетчатки, но могут повредить роговицу, радужку, хрусталик. Плотность на сетчатке увеличивается от 1 тысячи до 10 тысяч раз. При прямом попадании в орган зрения лазерного луча большой интенсивности с длиной волны в видимой или ближней инфракрасной части спектра пострадавший ощущает лишь толчок, удар в глаз. Отмечается внезапное выпадение части поля зрения. При исследовании глазного дна находят ожог и отек сетчатки, кровоизлияния в сетчатку и стекловидное тело. В последующем на месте ожога образуется рубец, ведущий к снижению остроты зрения. Воздействие ЛИ в УФ и дальней ИК-части спектра вызывает болезненные ожоги роговицы, аналогичные таковым при дуговой сварке. Изменения органа зрения в виде органических и функциональных сдвигов могут наблюдаться и при воздействии диффузно-рассеянного ЛИ и ярких световых вспышек. Это проявляется жалобами на повышенную утомляемость глаз к концу смены, тупые или режущие боли в глазах, слезотечение, непереносимость яркого света, слезотечение или су-

хость в глазах (ощущение «песка в глазах»), тяжесть и жар в веках. Объективно отмечается повышение порогов цветоразличения, увеличение времени темновой адаптации, сужение полей зрения. При ЛИ могут наблюдаться изменения в хрусталике в виде единичных или множественных помутнений, центральная дегенерация сетчатки глаза.

Второй критический орган – кожные покровы. Взаимодействие зависит от длины волны и пигментации кожи. Отражающая способность кожи видимого спектра очень высока. Излучение же дальней инфракрасной области поглощается кожными покровами – возникает опасность ожогов кожи. В легких случаях наблюдают эритему в месте облучения, в тяжелых – ожог по типу электрокоагуляционного ожога при поражении электротоком или молнией, вплоть до разрыва кожных покровов.

Низкоэнергетическое лазерное излучение может вызвать хроническое воздействие, даже в пределах ПДУ. У работающих возникают поражения нервной, сердечно-сосудистой системы, крови, органа зрения.

Появляются невротические состояния разной природы, сердечно-сосудистые расстройства, астенический синдром, астено-вегетативный синдром, ВСД.

### **Измерение и нормирование лазерного излучения**

В настоящее время обосновано два подхода к нормированию лазерного излучения:

1) по повреждающим эффектам лазерного излучения на ткани и органы;

2) на основе выявляемых функциональных и морфологических изменений ряда систем и органов, не подвергаемых непосредственному воздействию лазерного излучения.

Сущность дозиметрического контроля лазерного излучения заключается в оценке тех характеристик лазерного излучения, которые определяют его способность вызывать биологические эффекты, и сопоставлении их с нормируемыми величинами.

Нормируемыми параметрами являются:

- энергетическая экспозиция –  $H$  [Дж/м<sup>2</sup>];
- облученность –  $E$  [Вт/м<sup>2</sup>];

- энергия [Дж];
- мощность [Вт].

Различают две формы дозиметрического контроля:

- предупредительный (оперативный) дозиметрический контроль;
- индивидуальный дозиметрический контроль.

Предупредительный дозиметрический контроль заключается в определении максимальных уровней энергетических параметров лазерного излучения в точках на границе рабочей зоны.

Индивидуальный дозиметрический контроль заключается в измерении уровней энергетических параметров излучения, воздействующего на глаза (кожу) конкретного работающего в течение рабочего дня.

Гигиеническое нормирование и измерение лазерного излучения основывается на критерии биологического действия в соответствии с санитарными нормами и правилами 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров», МУ 5309-90 «Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологических служб по проведению дозиметрического контроля и гигиенической оценки лазерного излучения», ГОСТ 12.1.040-83 «Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения».

В основу установленных величин ПДУ положен принцип минимальных пороговых повреждений облучаемых тканей. Отечественный нормативный документ отличается тем, что регламентирует значения ПДУ с учетом не только повреждающих эффектов глаз и кожи, но и функциональных изменений в организме.

Средствами измерений для дозиметрического контроля ЛИ являются лазерные дозиметры: ЛД-07, ЛД-2, ЛД-2М, ЛД-4, ЛД-5, ЛД-5М, ЛД-4Э, ЛД-4ЭМ, ЛАДИН и другие.

### **Профилактика вредного воздействия лазерного излучения**

Организационно-технические мероприятия:

- 1) выбор, планировка и внутренняя отделка помещений;
- 2) рациональное размещение лазерных технологических установок и порядок их обслуживания;
- 3) использование минимального уровня облучения для достижения поставленной цели;

- 4) организация рабочего места;
- 5) применение средств защиты;
- 6) ограничение времени воздействия излучения;
- 7) назначение и инструктаж ответственных за организацию и проведение работ;
- 8) ограничение допуска к проведению работ;
- 9) обучение персонала.

Санитарно-гигиенические мероприятия включают:

- применение средств коллективной защиты (ограждения, защитные экраны, блокировки, автоматические затворы, кожухи и др.);

- применение СИЗ в зависимости от класса лазера, интенсивности излучения в рабочей зоне, характера выполняемой работы (очки, щитки, маска и др.) в тех случаях, когда средства коллективной защиты не обеспечивают безопасность персонала, при этом конструкция средств защиты должна обеспечивать возможность смены основных элементов;

- контроль за уровнем ЛИ на рабочих местах осуществляется лазерным дозиметром ИЛД-2М (ИЛД-2), обеспечивающим измерение параметров ЛИ в спектральных диапазонах 0,49 – 1,15 и 2 – 11 мкм, энергии (W), энергетической экспозиции (H) от моноимпульсного и импульсно-периодического излучения, мощности (P) и облученности (E) от непрерывного ЛИ;

- контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров и согласно соответствующим нормативным документам.

В комплекс лечебно-профилактических мероприятий входят проведение во время рабочей смены физкультурных пауз по 10 – 15 мин.; витаминизация работников; применение адаптогенов (женьшень, элеутерококк); организация комнат психологической разгрузки.

При осуществлении медицинского осмотра контролируют состояние органа зрения и кожи; оценивают неврологический статус, состояние сердечно-сосудистой системы, показатели периферической крови.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Лазерное излучение. Определение, классификации и характеристики.
- 2) Биологическое действие лазерного излучения.
- 3) Измерение и нормирование лазерного излучения.
- 4) Профилактика вредного воздействия лазерного излучения.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ПЕРВИЧНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА ОРГАНИЗМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
  - 1) неспецифические изменения органического характера
  - 2) специфические изменения функционального характера
  - 3) специфические изменения органического характера
  - 4) неспецифические изменения функционального характера
2. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВИДИМОЙ И БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА ДОСТИГАЕТ В ОРГАНЕ ЗРЕНИЯ
  - 1) конъюнктивы
  - 2) сетчатки
  - 3) роговицы
  - 4) хрусталика
3. ЛАЗЕРНЫЕ УСТАНОВКИ ГЕНЕРИРУЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЯ
  - 1) ультрафиолетовое
  - 2) видимое
  - 3) ближнее и дальнее инфракрасное
  - 4)  $\beta$ -излучение
  - 5)  $\gamma$ -излучение
  - 6) УВЧ диапазон радиочастот

4. НАИБОЛЕЕ КАРДИНАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОЗДОРОВЛЕНИЮ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ НА ЛАЗЕРНЫХ УСТАНОВКАХ
  - 1) ограждение лазерной зоны
  - 2) ограждение лазерного луча
  - 3) проведение профессионального отбора
  - 4) проведение профориентации
  - 5) покрытие поверхностей помещения материалами с малым коэффициентом отражения
  
5. К ОСНОВНЫМ ВРЕДНЫМ ФАКТОРАМ ПРИ РАБОТЕ ЛАЗЕРНЫХ УСТАНОВОК ОТНОСЯТ
  - 1) прямое излучение
  - 2) диффузно отраженное излучение
  - 3) зеркально отраженное излучение
  - 4) рентгеновское излучение
  
6. ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЗАВИСИТ ОТ
  - 1) длины волны
  - 2) длительности импульса
  - 3) частоты следования импульсов
  - 4) площади излучения
  
7. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ И ДАЛЬНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА ДОСТИГАЕТ В ОРГАНЕ ЗРЕНИЯ
  - 1) конъюнктивы
  - 2) сетчатки
  - 3) роговицы
  - 4) хрусталика
  
8. ОРГАНЫ-МИШЕНИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
  - 1) кожа
  - 2) костный мозг
  - 3) глаза
  - 4) половые органы

9. НА СЕТЧАТКЕ НОРМИРУЕТСЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- 1) видимого света
- 2) ближней зоны инфракрасного излучения
- 3) дальней зоны инфракрасного излучения
- 4) ультрафиолетового излучения
- 5) 1, 2
- 6) 3, 4

10. НА КОНЪЮНКТИВЕ, РОГОВИЦЕ, ХРУСТАЛИКЕ НОРМИРУЕТСЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- 1) видимого света
- 2) ультрафиолетового излучения
- 3) дальней зоны инфракрасного излучения
- 4) ближней зоны инфракрасного излучения
- 5) 1, 4
- 6) 2, 3

## 7. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МИКРОКЛИМАТ

**Цель занятия:** разобрать виды производственного микроклимата, особенности действия нагревающего и охлаждающего микроклимата на организм работающих, а также овладеть методами исследования и гигиеническими принципами нормирования параметров микроклимата.

**Производственный микроклимат** – комплекс физических факторов производственной среды, оказывающий влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда в условиях производства.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;

- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест с учетом интенсивности энергозатрат (категории работ) и периода года.

По степени влияния на тепловой баланс человека производственный микроклимат делят на:

1. Комфортный (нейтральный) – такое сочетание составляющих микроклимата, которое при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивает тепловой баланс организма, при котором разность между теплопродукцией и теплоотдачей находится в пределах  $\pm 2$  Вт, а доля теплоотдачи испарением не превышает 30%.

2. Дискомфортный:

2.1. Нагревающий – такое сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме или увеличении доли потери тепла испарением (30% и более от общей потери тепла) в тепловом балансе.

2.2. Охлаждающий – такое сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в окружающую среду над величиной теплопродукции, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в теле человека.

С нагревающим микроклиматом человек сталкивается при работе в горячих цехах различных отраслей промышленности, в глубоких шахтах, при работе на открытом воздухе в летний период года.

С охлаждающим микроклиматом человек сталкивается при работе на открытом воздухе в зимний и переходный периоды года, в производственных помещениях с низкой температурой воздуха.

**Холодный период года** – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже.

**Теплый период года** – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт) – Ia, Ib, IIa, IIб, III (прил. 3).

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

**Оптимальные микроклиматические условия** установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

**Допустимые микроклиматические условия** установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные

и опасные. Степень вредности условий труда при работе в производственных помещениях с охлаждающим микроклиматом определяются по показателям температуры воздуха, с нагревающим микроклиматом – по ТНС-индексу.

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС).

**Тепловая нагрузка среды (ТНС-индекс)** – сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С.

**ТНС-индекс** – эмпирический показатель, определяемый на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра (t вл.) и температуры внутри зачерненного шара (t ш.).

ТНС-индекс рассчитывается по формуле:

$$\text{ТНС} = 0,7 \times t \text{ вл.} + 0,3 \times t \text{ ш.}$$

Данный показатель рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения – 1200 Вт/м.

### **Показатели комплексной оценки**

**Эффективная температура** – это условный показатель, основанный на сравнении теплоощущений людей при данных метеорологических условиях с их теплоощущениями в условиях неподвижного полностью насыщенного водяными парами воздуха при определенной температуре. Определяется с помощью таблиц и номограмм. Учитывает температуру, влажность и скорость движения воздуха.

**Корректированная эффективная температура** – учитывается температура, влажность, скорость движения воздуха, средняя и радиационная температура.

Результирующий показатель – помимо всего вышеперечисленного учитывается излучение и лучистое тепло.

### **Действие на организм работающих**

Терморегуляция – взаимосочетание процессов теплообразования и теплоотдачи, регулируемых нервно-эндокринным путем. Состояние теплового баланса человека определяется соотношением теплопродукции и теплоотдачи, обеспечивающим организму почти постоянный уровень температуры тела, необходимый для правильного течения жизненных процессов.

Химическая терморегуляция – регуляция теплообразования, физическая – регуляция теплообмена.

Теплоотдача организмом в нормальных климатических условиях осуществляется в основном тремя путями: конвекцией – 15%, радиацией – 55%, испарением – 30%.

Тепловое состояние человека по степени напряжения реакций терморегуляции, влияния на показатели работоспособности и здоровья подразделяют на:

- оптимальное;
- допустимое;
- предельно допустимое (при регламентации продолжительности пребывания человека в состоянии того или иного напряжения системы терморегуляции);
- недопустимое.

**Оптимальное тепловое состояние человека** характеризуется отсутствием общих и/или локальных дискомфортных теплоощущений, минимальным напряжением механизмов терморегуляции, оцениваемым с учетом уровня энерготрат по показателям и критериям температурных реакций, представленным в «Методических рекомендациях по оценке теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест, мерам профилактики охлаждения и перегревания». Оптимальное тепловое состояние служит предпосылкой длительного сохранения работоспособности.

**Допустимое тепловое состояние человека** характеризуется незначительными общими и/или локальными дискомфортными теплоощущениями, сохранением термостабильности организма в течение всей рабочей смены при умеренном напряжении механизмов терморегуляции, оцениваемым по показателям и критериям

термических реакций. При допустимом тепловом состоянии может иметь место временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности.

**Предельно допустимое тепловое состояние человека** характеризуется выраженными общими и/или локальными дискомфортными теплоощущениями, значительным напряжением механизмов терморегуляции, оцениваемым по соответствующим показателям и критериям. Оно не гарантирует сохранения термического гомеостаза и здоровья, ограничивает работоспособность и требует регламентации времени пребывания в неблагоприятных условиях.

**Недопустимое тепловое состояние человека** характеризуется чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции, приводящим к нарушению состояния здоровья, в том числе выраженной гипертермии или возникновению теплового коллапса, истощению, тепловому удару.

Поскольку на теплообмен и тепловое состояние человека влияют и такие факторы, как одежда, уровень энерготрат, продолжительность непрерывного пребывания на рабочем месте, нормативные требования к параметрам микроклимата установлены с учетом следующих факторов:

- теплоизоляция комплекта одежды 0,8 – 1,0 кло (1 кло =  $0,155^{\circ}\text{Схм}^2/\text{Вт}$ ) применительно к холодному периоду года и 0,5 – 0,6 кло – к теплomu;
- продолжительность пребывания на рабочих местах – 8 ч;
- энерготраты – с учетом интенсивности физической активности (среднесменные величины).

На рабочих местах с ограниченным временем пребывания допустим микроклимат, обуславливающий в отдельные периоды рабочей смены охлаждение или перегревание организма на уровне предельно допустимого. Однако непременным условием является сохранение на допустимом уровне среднесменных величин показателей микроклимата.

Нормирование параметров микроклимата учитывает как влияние комплекса его параметров на теплообмен человека, так и влияние каждого из них на самочувствие, здоровье, внешнюю среду.

## Охлаждающий микроклимат

Организм реагирует снижением теплоотдачи за счет снижения температуры тела в результате спазма периферических сосудов и перераспределения крови во внутренние органы, в результате чего возникает холодовая гипертензия. Охлаждение способствует увеличению числа тромбоцитов и эритроцитов в крови, повышению холестерина, повышению вязкости крови, что повышает возможность тромбообразования. Длительный стойкий сосудистый спазм ведет к анемизации тканей, нарушению их питания, вследствие чего замедляется интенсивность обменных процессов. При этом отмечается одновременно ухудшение тактильной чувствительности и снижение сократительной способности мышечных волокон, следовательно, снижение производительности труда.

По мере нарастания охлаждения отмечается угнетение функций ЦНС, что обуславливает ослабление болевой чувствительности, адинамию, сонливость, снижение работоспособности. Нарушаются координация и способность выполнять точные операции. Тормозные процессы в коре головного мозга ведут к различным формам травматизма.

В начальном периоде воздействия охлаждающего микроклимата снижается частота дыхания, увеличивается объем вдоха. При длительном воздействии дыхание становится неритмичным, увеличивается частота и легочная вентиляция.

Действие охлаждающего микроклимата способствует возникновению производственно обусловленных заболеваний сердечно-сосудистой системы, заболеваний периферической нервной системы (радикулиты), заболеваний желудочно-кишечного тракта (преимущественно за счет обострения язвенной болезни), обуславливает возникновение острых простудных заболеваний органов дыхания, заболеваний почек, аллергических состояний. Длительное воздействие охлаждающего микроклимата проявляется в возникновении нейротрофических изменений – холодовых невроаскулитов, синдрома Рейно, ангиотрофоневрозов. Охлаждающий микроклимат способствует или усугубляет воздействие локальной вибрации, поскольку она также вызывает сужение сосудов, тем самым сокращая сроки развития вибрационной патологии.

По характеру воздействия охлаждающего производственно-го микроклимата на человека выделяют острое (отморожения) и хроническое поражение. К хроническим заболеваниям относят:

- периферический ангиодистонический синдром конечностей;
- полиневропатия (сенсорная форма) конечностей;
- отморожения.

### **Периферический ангиодистонический синдром конечностей**

**Патогенез.** Под влиянием низких температур внешней среды возникают спастические явления в сосудах кожи, повышение обмена веществ, усиление секреторной деятельности щитовидной железы, надпочечников с повышенным выделением адреналина и норадреналина с мочой. Усиливается сокращение пилomotorных мышц – «гусиная кожа», появляется непроизвольное дрожание. Возникновение озноба обусловлено передачей эфферентных стимулов, идущих из задних отделов гипоталамуса через красные ядра к мотонейронам передних рогов спинного мозга. При чрезмерном воздействии низких температур происходит декомпенсация описанных процессов.

При длительном или чрезмерном воздействии низких температур происходит повышение активности парасимпатической системы (низкое АД, потливость, стойкий красный дерматографизм, иногда возвышающийся). Охлаждение человека является для него стрессовым раздражителем («холодовый стресс»), приводящим к выделению нейросекретов гипоталамуса, гормонов гипофиза, коры надпочечников, вызывающих в организме типичный симптомокомплекс («реакция напряжения»).

Расстройства микроциркуляции лежат в основе нарушений при охлаждении. Остановка кровотока возникает вначале в капиллярах, затем в венах и далее в артериях. К изменениям тонуса сосудов присоединяются и реологические сдвиги, обусловленные в определенной мере нарушениями проницаемости стенок. Увеличивается проницаемость капилляров для белковых молекул: общее количество белка снижается, уменьшается коэффициент альбумины/глобулины. Увеличение вязкости крови, агрегация форменных элементов приводят к закупорке мелких сосудов.

Падение температуры мышц и кожи ведет к снижению возможностей человека выполнять физическую работу вследствие уменьшения уровня аэробного обмена веществ. Его уменьшение составляет 5 – 6% на 1° С понижения температуры тела. Снижение температуры мышц ведет к уменьшению чувствительности рецепторов мышечных волокон:

- до 27° С – на 50% нормы;
- до 15 – 20° С – исчезает полностью.
- Снижение температуры кожи ведет к изменению чувствительности рецепторов:
  - при температуре кожи 20° С – 1/7 нормы;
  - при температуре кожи 5° С – почти исчезает чувствительность.

**Клиническая картина.** В самом начале руки гиперемированы, пальцы теряют тактильную чувствительность, отечность кистей сопровождается постоянной тупая боль, тугоподвижность пальцев рук по утрам. Отек увеличивается к концу смены и может не проходить к началу следующего рабочего дня. Такое состояние рук наблюдается в течение первых 1 – 2 месяцев работы. В дальнейшем у большинства работников наступает адаптация, и неприятные ощущения исчезают на длительный период времени или совсем. Через 5 – 7 лет работы в условиях хронического воздействия охлаждающего микроклимата у работников появляются жалобы на повышенную потливость и зябкость кистей и/или стоп, даже в теплое время года или в теплом помещении; активную гиперемию рук во время работы, отечность рук к концу смены и тугоподвижность пальцев рук по утрам. Возникают трудности при выполнении точных дифференцированных движений или при попытке взять в руки мелкие предметы. Кисти рук приобретают мраморно-цианотичную окраску. Подушечки пальцев становятся гладкими, блестящими, со стертым кожным рисунком, белесоватые.

### **Полиневропатия**

Развивается на фоне уже имеющегося периферического ангиодистонического синдрома конечностей. Помимо жалоб на гипергидроз, зябкость кистей и стоп, отечность рук к концу смены, тугопод-

вижность пальцев рук присоединяются постоянные боли ноющего характера в дистальных отделах конечностей, сопровождающиеся различного рода парестезиями: одеревенелость, чувство ползания мурашек и т. д. Нарушается выполнение руками точных дифференцированных движений, возникают трудности при попытке взять пальцами рук мелкие предметы. Отмечаются нарушения чувствительности по дистальному типу в виде гиперестезии по типу «перчаток» и/или «носков» на начальных этапах. При прогрессировании заболевания снижаются болевая, температурная и тактильная чувствительность. Кончики пальцев напряжены, белесые, со стертым кожным рисунком, тыл кистей и пальцы отекают, стопы бледно-цианотичные, холодные, отекают, выраженный гипергидроз.

### **Отморожения**

Вазоконстрикция, нарушения микроциркуляции, изменения реологических свойств крови, агрегация форменных элементов крови, микротромбообразование, последующее развитие эндартериита приводят к прогрессирующей гипоксии тканей и развитию некроза. Особенностью патогенеза отморожений является фазность течения процесса. Выделяют две основные фазы: дореактивную, или период гипотермии, и реактивную, или период воспалительных и деструктивно-некротических процессов. При этом реактивную фазу целесообразно подразделять на ранний и поздний реактивный период, что обосновано как патогенетически, так и с точки зрения динамики клинических и лабораторных показателей.

*По этиологическому признаку различают:*

- отморожения, возникающие под действием сухого мороза;
- «траншейную стопу»;
- ознобления;
- контактные отморожения.

*По особенностям возникновения различают три вида:*

- при температуре окружающей среды ниже 0° С наиболее часто страдают дистальные отделы конечностей (пальцы), а также уши, нос, щеки, подбородок и др. при температуре окружающей среды выше 0° С поражаются преимущественно кисти и стопы при длительном воздействии (от нескольких суток до нескольких лет);

- контактные поражения – от непосредственного соприкосновения кожи с сильно охлажденными предметами или веществами.

**По локализации влияния холода на организм работающего человека различают:**

- местное (отморожение);
- общее (замерзание).

**По морфологическим и клиническим признакам выделяют четыре степени отморожения:**

- I – поражение поверхностного слоя эпидермиса (побледнение кожи, затем покраснение, отек, парестезии, боли);
- II – поражение базального слоя эпидермиса с образованием пузырей (жгучие, распирающие боли);
- III – некроз кожи и подкожной клетчатки;
- IV – поражение мягких тканей и кости.

**Клиническая картина. Отморожения I степени** характеризуются бледностью кожного покрова в периоде тканевой гипотермии с возникновением отека, гиперемии, колющих и жгучих болей и кожного зуда после отогревания, ощущения холода, покалывания и жжения в области поражения, полная утрата чувствительности. Как правило, все явления исчезают самостоятельно через 5 – 10 дней.

**При отморожениях II степени** граница омертвения возникает в роговом, зернистом или самых верхних слоях сосочкового эпителиального слоя кожи. В течение первых 2 – 3 суток после холодной травмы появляются пузыри, наполненные прозрачным экссудатом. Дно пузырей покрыто фибрином и чувствительно к болевым раздражителям. Наблюдается полное восстановление нормального строения кожи, сошедшие ногти отрастают, грануляций и рубцов на месте поражения не возникает, эпителизация происходит в течение второй недели после травмы.

**При отморожениях III степени** граница омертвения проходит в нижних слоях дермы или на уровне подкожно-жировой клетчатки. Возникшие пузыри содержат геморрагический экссудат, дно их сине-багрового цвета и нечувствительно к болевым раздражителям. Гибель всех эпителиальных элементов кожи служит причиной развития грануляций и образования рубцов, сошедшие ногти вновь не отрастают.

**При отморожениях IV степени** («Траншейная стопа», «Стопа шахтера») значительно удлиняется скрытый период и выражено падение тканевых температур. Омертвевают все слои мягких тканей, иногда включая костно-суставной аппарат. В дальнейшем развивается сухая или влажная гангрена.

### **Нагревающий микроклимат**

Усиливается кровоснабжение кожи и подкожно-жировой клетчатки за счет расширения системы капилляров. Учащается пульс, снижается артериальное давление, повышается вязкость крови, увеличивается количество эритроцитов, гемоглобина. Падение сосудистого тонуса приводит к изменению равновесия в распределении крови и к недостаточному кровоснабжению мышцы сердца.

Действие на желудочно-кишечный тракт: снижается секреция желудочного и поджелудочного сока, желчи, угнетается моторика, снижается интенсивность окислительных процессов.

Дыхание учащается, становится поверхностным. Легочная вентиляция сначала возрастает, затем остается без изменений.

Действие на ЦНС: ослабление внимания, замедление двигательных реакций, нарушение координации движений.

Нарушается витаминный и водно-солевой обмен.

Напряжение различных функциональных систем приводит к нарушению состояния здоровья, снижению работоспособности и производительности труда.

Нагревающий микроклимат может оказывать как хроническое, так и острое действие.

К острым тепловым заболеваниям относят следующие:

- тепловой удар;
- тепловое истощение;
- тепловой обморок;
- тепловые судороги;
- тепловой отек.

**Острая гипертермия** характеризуется повышением температуры тела до 38 – 40° С, профузным потоотделением, учащением пульса до 100 и более в минуту, дыхания – до 35 и более в минуту. Нарушается зрительное восприятие.

**Тепловой удар** – острое нарушение теплового состояния, возникающее в результате накопления тепла в организме работника выше физиологических пределов при интенсивном воздействии производственного нагревающего микроклимата.

Отмечается нарушение электролитного, водного и энергетического обмена. По мере повышения температуры воздуха отдача тепла организмом путем конвекции и радиации уменьшается, а путем испарения – увеличивается. При температуре воздуха выше температуры поверхности тела (около 33° С) тепло отдается только за счет испарения пота.

При остром тепловом воздействии развиваются микроциркуляторные нарушения с полнокровием во всех органах. Усиленный приток крови увеличивает давление в сосудах, расширяет их просвет, повышает проницаемость сосудистой стенки. Из плазмы крови в ткани проникают форменные элементы крови и сама плазма, появляются кровоизлияния и отек. Нарушается обмен веществ из-за тепловой денатурации белков, токсического действия недоокисленных продуктов метаболизма вследствие гипоксемии, нарушения водно-солевого баланса.

Интенсивное воздействие тепла вызывает рефлекторное повышение секреции потовых желез, что обеспечивает значительное увеличение теплоотдачи (при испарении 1 г пота расходуется 2,19 кДж тепла). Интенсивное потоотделение приводит к обезвоживанию организма. Особенно велики потери внутриклеточной жидкости. С потом теряются соли натрия, кальция, калия, фосфора, такие микроэлементы, как медь, цинк, йод, а также водорастворимые витамины (С, В,) и другие. Большую роль в патогенезе теплового удара при физической работе на жаре играет гипокалиемия, обусловленная выходом калия из мышц в плазму крови и чрезмерной потерей его с потом. Потеря большого количества жидкости с повышенным потоотделением ведет к дегидратации организма человека, способствует потере хлоридов и развития гипохлоремии. Дегидратация сопровождается сгущением крови, что ухудшает состояние микроциркуляции и создает большую нагрузку на сердце, что может привести к развитию острой сердечно-сосудистой недостаточности.

В классификации по выраженности клинических проявлений заболевания выделяют следующие степени:

- легкую;
- среднюю;
- тяжелую.

Легкая степень. Отмечается адинамия, повышенная усталость, вялость, сонливость, головная боль, тошнота, влажная кожа, нормальная или субфебрильная температура тела, тахикардия, тахипноэ.

Средняя степень тяжести. Больной апатичен, неподвижен, отмечается общая разбитость, нарастание сонливости, усиление головной боли, учащенный пульс слабого наполнения, тахипноэ, тошнота, рвота, икота, периодически возможен сопор, гиперемия кожных покровов, повышение температуры тела до 40 – 41° С, АД может быть несколько повышенным или нормальным.

Тяжелая степень. Острое внезапное начало, быстрое нарастание неврологической симптоматики. Отмечается гиперемия кожных покровов или их цианоз, повышенное потоотделение, тепловая потница (обструкция потовых желез), повышение температуры тела до 42° С, дыхание учащено до 30 – 40 в минуту, пульс 120 – 140 в минуту, систолическое и диастолическое артериальное давление понижено, на ЭКГ регистрируются диффузные изменения миокарда, дегидратация и гипохлоремия, в периферической крови наблюдаются эритроцитоз, увеличение содержания гемоглобина, лейкоцитоз, увеличение вязкости крови, потеря сознания или психомоторное возбуждение, тошнота и рвота, угасание рефлексов, появление судорог, парезы, параличи, возможны коматозное состояние, остановка дыхания, коллапс.

После перенесенного острого теплового поражения наблюдается снижение толерантности к теплу, могут сформироваться вегето-сосудистая дистония (ВСД) нарушение терморегуляции, астенический синдром.

**Тепловое истощение (термогенный ангидроз, тропическая ангидрозная астения)** – острое тепловое поражение, возникающее при воздействии нагревающего микроклимата в результате потери солей или срыва функции потоотделения. По механизму развития тепловое истощение бывает двух типов.

*Истощение типа I* возникает вследствие уменьшения содержания солей в организме. Характерно уменьшение содержания, а иногда и полное исчезновение натрия и хлоридов в моче, увеличение содержания мочевины в крови.

*Истощение типа II* обусловлено перенапряжением механизмов терморегуляции в связи со срывом функции потоотделения, в результате чего развивается перегревание организма, выраженные нарушения гемодинамики.

Отмечается повышенная усталость, вялость, сонливость, головная боль, тошнота, повышение температуры тела до субфебрильной, потоотделение повышено умеренно или значительно, учащение частоты сердечных сокращений и дыхания, увеличение минутного объема дыхания.

**Тепловой обморок (тепловой коллапс)** – острое нарушение сердечно-сосудистой деятельности в результате острого теплового поражения.

Возникновение теплового обморока связывают с нарушением деятельности сердечно-сосудистой системы вследствие интенсивной мышечной работы при высокой температуре окружающей среды.

Характерны потеря сознания, бледность кожных покровов, нитевидный пульс в результате падения АД, предшествуют общая слабость, шум в ушах, головокружение, учащенное сердцебиение и дыхание, усиленное потоотделение.

**Тепловые судороги** – мышечные спазмы вследствие прогрессирующего обезвоживания организма и острого нарушения водно-солевого обмена при воздействии нагревающего микроклимата. Развивается внеклеточная дегидратация с внутриклеточной гипергидратацией, т. е. водная интоксикация, сдвиг кислотно-основного состояния в сторону алкалоза, что и приводит к мышечным спазмам.

Характерно возникновение выраженных мышечных спазмов тетанического характера в различных группах мышц (особенно икроножных, мышцах бедер, плеч, предплечий), резкая болезненность их во время движений. Больные адинамичны, черты их лица заострены, вокруг глаз темные круги. Кожа приобретает цианотичный оттенок, сухая, на ощупь холодная. Пульс учащенный (до 110 – 120 в минуту), нитевидный. Тоны сердца глухие, АД низкое. Снижение суточного диуреза до 50 – 100 мл в сутки, резкое снижение содержания хлоридов в моче. Признаки сгущения крови: увеличение количества эритроцитов и гемоглобина, повышение вязкости крови.

**Тепловой отек** – отек в результате нарушения водно-солевого обмена и накопления жидкости в организме при воздействии нагревающего микроклимата. Характерны отеки дистальных отделов нижних конечностей: стоп, лодыжек, голеней. Затем могут присоединиться отеки дистальных отделов верхних конечностей, в основном пальцев и тыльной поверхности кистей.

**Хроническая тепловая болезнь (хронический перегрев)** – хроническое тепловое поражение организма человека при длительном воздействии на рабочем месте нагревающего микроклимата, превышающего допустимые параметры, определяемые санитарно-гигиеническими нормами.

Характерны проявления ВСД перманентного и пароксизмального течения с нарушениями терморегуляции, снижением резистентности эритроцитов, нарушениями электролитного обмена.

ВСД перманентного течения проявляется жалобами на головную боль, раздражительность, вялость, потливость, снижение аппетита, боли в области сердца, не связанные с физической нагрузкой, нарушение сна, головокружение, чувство нехватки воздуха, сердцебиение в покое, судороги мышц после работы, неустойчивую походку. Отмечают колебания сердечного ритма, склонность к тахикардии и повышению АД, асимметрию показателей АД (систолического более 20 мм рт. ст., диастолического более 10 мм рт. ст.). Изменения со стороны нервной системы проявляются эмоциональной лабильностью, дрожанием сомкнутых век, неустойчивостью в позе Ромберга, асимметрией сухожильных рефлексов, слабостью конвергенции.

ВСД пароксизмального течения характеризуется приступами общей слабости, болями в области сердца ноющего и сжимающего характера или неприятными ощущениями «в сердце», усиливающимися при физическом и эмоциональном напряжении, сопровождающимися чувством тревоги, беспокойства, страха смерти. Приступ сопровождается головной болью различного характера с преобладанием ощущения тяжести в голове, иногда пульсирующего характера по типу мигрени с тошнотой. Может отмечаться несистемное головокружение, неустойчивость равновесия. АД имеет тенденцию к повышению, отмечается тахикардия до 100 – 110 в минуту, стойкий красный дермографизм. Нарушение терморегуляции проявляется склонностью к гипертермии до субфебрильных показателей (37,2 – 37,5° С). Вне приступа у больных сохраняется склонность к повышению АД и его асимметрия, красный дермографизм, положительные вегетативные пробы (Ашнера и ортостатическая). В дальнейшем приступы могут возникать и вне зависимости от воздействия нагревающего микроклимата на рабочем месте.

Длительное воздействие нагревающего микроклимата приводит к увеличению производственно-обусловленной заболеваемости. Заболевания сердечно-сосудистой системы, связанные со значительным изменением гемодинамики, проявляющиеся в виде стойких кардиомиопатий, нейроциркуляторных дистоний. В 3 раза увеличивается риск развития ишемической болезни сердца.

Заболевания органов желудочно-кишечного тракта – гастродуоденит. Заболевания дыхательной системы – ОРВИ, ангины, бронхиты (вследствие снижения иммунной реактивности). Интенсивное биологическое старение организма. При длительном воздействии нагревающего микроклимата усугубляется течение хронических заболеваний. Потеря водорастворимых витаминов приводит к гиповитаминозным состояниям.

Сочетание нагревающего микроклимата с шумом на уровне выше предельно допустимого сопровождается увеличением заболеваемости по классу болезни органов кровообращения – например, гипертонической болезни.

Повышенная температура ускоряет поступление промышленных ядов (ртуть, бензин, окись углерода, бензол и т. п.), так как

в условиях нагревающего микроклимата увеличивается пульс, частота дыхания, минутный объем крови, а как следствие – лучше абсорбция газов через дыхательные пути. Расширение кровеносных сосудов кожи способствует большему поступлению в организм химических соединений при попадании их на кожу.

**Основные измерительные приборы:** цифровые и электронные термометры (ИТ-15, 16, 17; ЛТ-300), измеритель температуры ТМ-12, измерения температуры и влажности (ИВТМ-7, ИВА-6А, Тесто-625, 635), измерения скорости движения воздуха (ТКА-ПКМ модель 50, ТА-метр, Kimo VT-50, ТТМ-2, Тесто-425), тепловая нагрузка (шаровые термометры) (ТКА-ПКМ модель 24, ИВТМ-7К3), комбинированные приборы (ТКА-ПКМ модель 60, МЭС-200, Тесто-435, Метеоскоп) и т. д.

### **Требования к организации контроля и методам измерения микроклимата**

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5° С, в теплый период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5° С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и т. д.) измерения следует проводить на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест, при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения, участки измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха должны распределяться равномерно по площади помещения.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,5 м.

При наличии источников лучистого тепла тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей следует измерять в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более двух метров.

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого тепла и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Могут использоваться также приборы, позволяющие раздельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термоэлектроданемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения следует измерять приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°) и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т. д.).

### **Профилактические мероприятия**

#### **1. Законодательные:**

- Трудовой кодекс РФ;
- Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
- Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21);
- ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»;
- Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

#### **2. Технологические:**

- применение дистанционного управления и автоматического контроля;
- усовершенствования конструкции или схемы установки оборудования;
- изменение режима работы оборудования.

### 3. Санитарно-гигиенические:

- охлаждающие и вентиляционные установки для поддержания оптимальной температуры воздуха рабочих помещений (системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование; компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого);

- использование различных теплоизолирующих материалов.

### 4. Медико-профилактические:

- спецодежда и другие средства индивидуальной защиты;
- организация помещений для отдыха, обогрева, сушки одежды и обуви;

- локальные источники тепла на месте при работе в условиях охлаждающего микроклимата;

- регламентация времени работы, в частности, регламентированные перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы;

- прекращение работы при температуре воздуха  $-40^{\circ}\text{C}$  и скорости движения  $2\text{ м/с}$ . При ветре  $9 - 14\text{ м/с}$  прекращают работу уже при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$ ;

- проведение предварительных при приеме на работу и периодических медицинских осмотров работающих;

- разрабатывают специальные (питьевой и пищевой) рационы.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1) Производственный микроклимат. Понятие, виды. Особенности микроклимата при различных работах.

2) Характеристика основных параметров микроклимата: температура, влажность, скорость движения воздуха. Влияние параметров микроклимата на теплообмен чело Особенности биологического действия неблагоприятного микроклимата на организм. Заболеваемость рабочих при выполнении работ в условиях неблагоприятного микроклимата.

3) Принципы гигиенического нормирования параметров микроклимата. Профилактические мероприятия при воздействии неблагоприятного микроклимата.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. У РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА ОТМЕЧАЕТСЯ
  - 1) повышение температуры открытых участков кожи
  - 2) понижение температуры открытых участков кожи
  - 3) повышение влагопотери
  - 4) понижение влагопотери
  - 5) расширение сосудов кожи
  
2. ДОПУСТИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА (ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ, СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА) РАБОЧЕЙ ЗОНЫ УСТАНОВЛЕННЫ С УЧЕТОМ
  - 1) величины тепловыделений в помещении
  - 2) величины влаговыделений в помещении
  - 3) степени тяжести работы
  - 4) степени напряженности работы
  - 5) времени года
  
3. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОГО И НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА
  - 1) тепловое излучение
  - 2) относительная влажность
  - 3) ТНС-индекс
  
4. В ПОНЯТИЕ «ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МИКРОКЛИМАТ» ВХОДЯТ СЛЕДУЮЩИЕ ФАКТОРЫ
  - 1) температура воздуха
  - 2) влажность воздуха
  - 3) скорость движения воздуха
  - 4) атмосферное давление
  - 5) инфракрасное излучение

5. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ИЗМЕРЯЮТ

- 1) кататермометром
- 2) анемометром
- 3) радиометром
- 4) психрометром

6. НА КАКОЙ ВЫСОТЕ ПРОВОДЯТ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

- 1) 1 м от поверхности пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя
- 2) 1,2 м от поверхности пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя
- 3) 1,5 м от поверхности пола или рабочей площадки при работах стоя
- 4) 1,6 м от поверхности пола или рабочей площадки при работах стоя
- 5) 1,3 м от поверхности пола или рабочей площадки при работах стоя и сидя

7. РАЗНОВИДНОСТИ МИКРОКЛИМАТА

- 1) нагревающий
- 2) охлаждающий
- 3) с повышенной влажностью
- 4) переменный
- 5) комфортный
- 6) с высокой интенсивностью инфракрасного излучения

8. ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА НА ОРГАНИЗМ СКЛАДЫВАЕТСЯ ИЗ

- 1) теплопродукции
- 2) кондукционного обмена организма с окружающей средой
- 3) конвекционного обмена организма с окружающей средой
- 4) отдачи тепла испарением, радиационного теплообмена
- 5) конвергенции

9. ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ДОПУСТИМЫХ ВЕЛИЧИН МИКРОКЛИМАТА ВОЗМОЖНЫ ПЕРЕПАДЫ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ВЫСОТЕ ДО

- 1) 2° С
- 2) 3° С
- 3) 4° С
- 4) 5° С
- 5) 6° С

10. ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА И ОКРУЖАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ 35 – 37° С ТЕПЛООТДАЧА ПРОИСХОДИТ ПУТЕМ

- 1) конвекции
- 2) кондукции
- 3) излучения
- 4) испарения
- 5) вышперечисленного

## 8. ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

**Цель занятия:** ознакомить студентов с физической природой инфракрасного излучения, его влиянием на организм работающих, а также с особенностями нормирования.

**Инфракрасное излучение** – это электромагнитное излучение, охватывающее область спектра оптического излучения оптического излучения в пределах от 0,78 до 1000 мкм.

По физической природе инфракрасное излучение является потоком материальных частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами.

Источники инфракрасного излучения – естественные (Солнце) и искусственные (любое нагретое тело).

Инфракрасное излучение невидимо для глаз человека. С повышением температуры источников излучения до 500° С появляется красное свечение, до 750° С – жёлтое свечение, а при 1200° С – белое свечение и весь видимый спектр излучения. Инфракрасное

излучение не нагревает воздух, но, поглощаясь различными поверхностями, делает их вторичными источниками конвекционного тепла.

### Классификация

#### По областям спектра:

- 1) коротковолновое – 0,48 – 1,4 мкм  
(обладает большой проникаемостью через кожу, кости и оболочки мозга);
- 2) средневолновое – 1,4 – 3 мкм;
- 3) длинноволновое – более 3 мкм.

Степень инфракрасного излучения обусловлена следующими законами:

1) **Закон Кирхгофа** – лучеиспускание обуславливается только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды.

На основании этого закона основано применение отражающей защитной одежды и окраски оборудования.

2) **Закон Стефана – Гольцмана** – с повышением температуры тела мощность его излучения повышается пропорционально 4-й степени абсолютной температуры. Зная температуру источника, можно предположить мощность.

3) **Закон смещения Вина** указывает, что произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны – величина постоянная.

Исходя из закона Вина, длина волны нагретого тела обратно пропорционально его абсолютной температуры. Можно ориентировочно определить длину волны и биологическое действие.

### Биологическое действие инфракрасного излучения

При поглощении тканями инфракрасного излучения возникает ряд сложных биохимических процессов. Ещё в 1933 году В. А. Левицкий выдвинул идею о специфичности действия инфракрасного излучения в отличие от конвекционного тепла, связав его с так называемым фотохимическим эффектом. В настоящее время доказано, что инфракрасное излучение изменяет скорость протекания биохимических реакций, структуру белков тканей и активность

ферментов при поглощении квантов инфракрасных лучей. В результате денатурации белков в общий круг кровообращения попадают биологически активные вещества белкового происхождения, влияющие непосредственно через нервную систему на органы и ткани. Нарушается проницаемость клеточных мембран. Повышается уровень кальция в крови, снижается концентрация клеточного калия, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы, в том числе снижается тонус вегетативной нервной системы.

Специфичность действия обуславливается проницаемостью поверхностных тканей для тепловых лучей и трансформацией их в тепловую энергию в глубже лежащих тканях. Это сопровождается активацией биохимических процессов и повышением тонуса тканей.

При интенсивности облучения до  $175 \text{ Вт/м}^2$  создаются предпосылки для денатурации белковых молекул, что может быть причиной приобретения тканями аутоантигенных свойств и развитию аутоиммунных процессов.

При интенсивности облучения обнаженной поверхности тела равного  $70 - 100 \text{ Вт/м}^2$  преобладает оптимизирующий эффект – возбуждение свободнорадикальных процессов, а также антиоксидантной защиты и антимикробной резистентности.

Органами-мишенями являются орган зрения и кожа.

Выраженность физико-химических процессов и тепловых реакций зависит от интенсивности и спектрального состава излучения, определяющего глубину проникновения и поглощение структурными элементами ткани.

Местная реакция сильнее выражена при облучении длинноволновыми инфракрасными лучами. Коротковолновое излучение обладает более выраженным общим действием за счет большей глубины проникновения в ткань. При действии коротковолнового излучения (менее  $1,4 \text{ мкм}$ ) роговица и камерная влага пропускают 50% лучей. Хрусталик поглощает до 30%, а стекловидное тело – до 60% доходящего до них излучения. Длинноволновое излучение повышает температуру конъюнктивы, а коротковолновое – внутренних сред глаза.

При облучении кожи в зависимости от интенсивности краснота возникает через несколько секунд (до 2 минут). Эритема объясняется расширением поверхностной сосудистой сетки и сопровожда-

ется усилением тока крови. При значительной интенсивности возникает ощущение жжения и боль, далее, если продолжать облучение, наступают ожоги, которые сопровождаются деструктивными изменениями в тканях. У большинства людей непереносимые ощущения сильного жжения возникают при температуре кожи 44°С.

Сердечно-сосудистая система: тахикардия, повышение систолического, снижение диастолического давления. Увеличивается риск развития ИБС, гипертонической болезни.

Желудочно-кишечный тракт: усиление секреторной деятельности желудка, поджелудочной железы, слюнных желез.

ЦНС: развитие тормозных процессов, снижение нервно-мышечной возбудимости.

К заболеваниям, вызванным нагревающим микроклиматом с преобладанием лучистого тепла (инфракрасное излучение – 3500 – 5600 Вт/м<sup>2</sup>), относят катаракту от систематического воздействия инфракрасного излучения.

### **Катаракта, обусловленная систематическим воздействием инфракрасного излучения (тепловая катаракта, огневая катаракта)**

Возникает у работников при выполнении кузнечно-прессовых, электросварочных и термических работ, при производстве изделий из стекла, в металлургическом производстве, при превышении интенсивности инфракрасного излучения допустимого уровня при стаже работы 15 – 20 лет.

**Патогенез.** Связан с тепловым эффектом инфракрасного излучения. Главную роль играет поглощение энергии пигментным эпителием радужки. При этом повреждается герментативная зона около экватора хрусталика. Однако поврежденные хрусталиковые волокна на значительном протяжении остаются прозрачными и мутнеют только в зоне наихудшего питания, в заднем полюсе хрусталика. Инфракрасные лучи с длиной волны более 2000 нм почти полностью поглощаются роговицей. При длине волны от 1400 до 2000 нм лучи проходят в переднюю камеру и поглощаются там водянистой влагой. Инфракрасное излучение 800 – 1400 нм проходит через роговицу и поглощается пигментным эпителием радужной оболочки, а в зоне зрачка в значительной степени хрусталиком.

**Клиническая картина** характеризуется медленным постепенным снижением зрения. При полном помутнении хрусталика зрение падает до светоощущения. Вначале возникают помутнения в заднем кортикальном слое хрусталика. В дальнейшем помутнение продвигается по оси хрусталика кпереди. При хроническом воздействии инфракрасного излучения возможна стойкая гиперемия конъюнктивы и краев век как проявление хронического блефарита и блефароконъюнктивита. Эти явления нередко сочетаются с ослаблением аккомодации.

При работе на открытом воздухе в результате прямого интенсивного облучения головы инфракрасным излучением коротковолнового диапазона поражаются мозговые оболочки и мозг, в результате чего возникает солнечный удар. Клиническая картина связана с развитием менингизма и энцефалита. Жалобы на головную боль, разбитость, вялость, тошноту, возможны рвота и диарея. Объективно: покраснение лица, увеличение частоты пульса и дыхания. При этом температура тела нормальная или слегка повышена. В тяжёлых случаях наблюдается помрачнение сознания и судороги.

### **Измерение и нормирование интенсивности теплового излучения**

Для измерения теплового излучения от производственных источников используют актинометры. Выпускают актинометры с диапазоном измерений от 0 до 3500 Вт/м<sup>2</sup> с минимальной ценой деления 140 Вт/м<sup>2</sup> и диапазоном измерений от 0 до 14 000 Вт/м<sup>2</sup> с минимальной ценой деления 350 Вт/м<sup>2</sup>.

Оценка условий труда в зависимости от интенсивности и экспозиционной дозы теплового излучения осуществляется в соответствии с Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда» (табл. 8).

Измерение интенсивности инфракрасной радиации производят непосредственно на уровне облучаемых участков поверхности тела человека. Тепловое излучение необходимо измерять от каждого источника, располагая приёмник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0; 1,5 м от пола или рабочей площадки.

**Класс условий труда по тепловому излучению**  
(в соответствии с Р 2.2.2006-05)

Показатель	Класс условий труда					
	допустимый	вредный*				опасный*
		2	3.1	3.2	3.3	
Тепловое излучение: интенсивность, Вт/м <sup>2</sup> ***	140	1500	2000	2500	2800	> 2800
Экспозиционная доза, Вт.ч****	500****	1500	2600	3800	4800	> 4800

*Примечание.* \* – независимо от периода года; \*\*\* – верхняя граница; \*\*\*\* – расчетная величина, вычисленная по формуле:  $ДЭО = I_{то} \cdot S \cdot t$ , где  $I_{то}$  – интенсивность теплового облучения, Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  – облучаемая площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;  $t$  – продолжительность облучения за рабочую смену, ч.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения в соответствии с санитарно–эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При определении облучаемой поверхности тела необходимо производить ее расчет с учетом доли (%) каждого участка тела: голова и шея – 9, грудь и живот – 16, спина – 18, руки – 18, ноги – 39. При облучении тела человека свыше 100 Вт/м<sup>2</sup> необходимо использовать средства индивидуальной защиты (в т. ч. лица и глаз).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1) Инфракрасное излучение. Понятие, источники на производстве.
- 2) Законы излучения, их гигиеническое значение.

- 3) Биологическое действие инфракрасного излучения на организм. Заболеваемость рабочих при воздействии инфракрасного излучения.
- 4) Принципы гигиенического нормирования инфракрасного излучения. Меры профилактики при работе с источниками инфракрасного излучения.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЮТ
  - 1) кататермометр
  - 2) психрометр
  - 3) анемометр
  - 4) радиометр
  
2. КАКИЕ ИЗ УКАЗАННЫХ СИМПТОМОВ НАИБОЛЕЕ ХАРАКТЕРНЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОГО УДАРА
  - 1) температура тела – 40° С
  - 2) пульс 65 уд/мин.
  - 3) влажная кожа (обильное потоотделение)
  - 4) сухая кожа
  - 5) пульс 97 уд/мин.
  - 6) температура тела – 37,5° С
  
3. ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ НЕВИДИМОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ
  - 1) 0,1 – 0,76 нм
  - 2) 0,76 – 420 нм
  - 3) 420 – 760 нм

4. ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ИЗМЕРЯЕТСЯ НА ВЫСОТЕ

- 1) 0,5; 1,0 и 1,5 м от уровня пола или рабочей поверхности
- 2) 1,2 м от источника излучения
- 3) 1,5 м от источника излучения
- 4) 0,7 м от источника излучения
- 5) 1,0 м от источника излучения

5. ИНТЕНСИВНОСТЬ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ МОЖНО ИЗМЕРИТЬ ПРИБОРОМ

- 1) термометром ртутным
- 2) актинометром
- 3) психрометром Ассмана
- 4) анемометром
- 5) кататермометром

6. ТЕПЛООТДАЧА У РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА 35° С, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА 50%, ТЕМПЕРАТУРЕ КОЖИ 35° С ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ПУТЕМ

- 1) излучения
- 2) испарения
- 3) конвекции

7. У РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ МОЖЕТ РАЗВИТЬСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ ГЛАЗ

- 1) глаукома
- 2) катаракта
- 3) электроофтальмия

8. ВХОДИТ ЛИ В ПОНЯТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- 1) входит
- 2) не входит

9. ТЕПЛООТДАЧА У РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА В ЦЕХЕ 33 – 35° С, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ 40 – 45% И ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ 60 – 80% ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО СЛЕДУЮЩИМ ПУТЕМ

- 1) излучением
- 2) испарением
- 3) проведением
- 4) конвекцией

10. МЕРОПРИЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ БОРЬБЫ С ЧРЕЗМЕРНЫМ ТЕПЛОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

- 1) применение совершенного оборудования, исключающего необходимость работы в условиях интенсивного теплового облучения
- 2) теплоизоляция и экранирование источников излучения
- 3) рационализация рабочего места
- 4) теплоизоляция помещений, устройство шлюзов и воздушных завес в дверных проемах

## 9. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

**Цель занятия:** разобрать со студентами основные гигиенические требования, предъявляемые к производственному освещению, а также вопросы нормирования и измерения освещенности.

Видимая часть солнечного спектра имеет большое биологическое значение. Дневной свет оказывает благоприятное влияние на психическое состояние человека. Под его воздействием

усиливается обмен веществ в организме, осуществляется синтез некоторых витаминов, улучшаются процессы кроветворения, работа эндокринных желез и т. д. Режим освещенности играет существенную роль в регуляции биологических ритмов. В условиях интенсивной освещенности улучшается рост и развитие организма. Интенсивность освещенности рабочего места имеет большое значение для профилактики нарушения зрения, особенно при работах, требующих зрительного напряжения. Нерациональное освещение способствует развитию близорукости. При плохом или неправильном освещении снижается умственная работоспособность, быстрее наступает утомление, ухудшается координация движений.

### **Основные фотометрические характеристики**

**Мощностью световой энергии** называется количество энергии (E), переносимой электромагнитной волной через эту поверхность за одну секунду (t).

$$W = E / t$$

Зрительное ощущение глаза зависит не только от мощности излучения, но и от спектральной чувствительности глаза (коэффициента видности). Поэтому оказывается более удобным характеризовать световое излучение произведением **мощности излучения** – W на **коэффициент видности** – V.

**Световым потоком (F)** называется произведение мощности излучения на коэффициент видности.

$$F = W * V$$

**Коэффициент видности** – это психофизическая или фотометрическая характеристика излучения, учитывающая спектральную чувствительность глаза.

Наряду со световым потоком, основными фотометрическими характеристиками являются сила света, освещённость и яркость. Понятие силы света вводится с помощью представления о точеч-

ном источнике света. Источник света считается **точечным**, если его размер мал по сравнению с расстоянием до места наблюдения и если он испускает свет равномерно по всем направлениям.

Телесным углом называется часть пространства, ограниченная конической поверхностью. Величина телесного угла измеряется отношением площади  $S$ , вырезаемой этим углом на поверхности сферы (с центром в вершине телесного угла), к квадрату радиуса сферы  $R$ :

$$\Omega = S / R^2.$$

Единицей измерения телесного угла является **стерадиан** (ср) (пространственный радиан), угол, вырезающий единичную площадь на сфере единичного радиуса.

**Сила света** ( $I$ ) измеряется световым потоком ( $\Phi$ ), создаваемым точечным источником света в единичном телесном угле ( $\Omega$ ).

$$I = \Phi / \Omega$$

В качестве единицы измерения силы света принята **кандела** (кд).

**Кандела** – сила света, испускаемого с поверхности площадью  $1/60\,000\text{ м}^2$  полного излучателя в перпендикулярном направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении  $101\,325\text{ Па}$ .

Единицей светового потока является **люмен** (лм).

**Люмен** – световой поток, излучаемый точечным источником в телесном угле  $1\text{ ср}$  при силе света  $1\text{ кд}$ .

$$F = I \cdot \Omega$$

Для количественной оценки освещения поверхности вводится понятие **освещённости**.

**Освещённостью**  $E$  поверхности  $S$  называется отношение светового потока  $F$ , падающего на данную поверхность, к величине этой поверхности:

$$E = F / S.$$

Освещенность (Е) и сила света (I) точечного источника света при нормальном падении лучей (поверхность перпендикулярна лучам) связаны следующим соотношением:

$$E = I / r^2,$$

где r – расстояние от источника света до освещаемой поверхности.

Это выражение называется законом квадратов расстояний. Его сформулировал еще в 1604 г. немецкий астроном Иоганн Кеплер. Следует помнить, что освещенность будет оставаться постоянной вдоль пучка лучей только тогда, когда они параллельны.

Закон квадратов расстояний приемлем для расчета освещенности, создаваемой осветительными приборами, но минимальное значение r определяется таким параметром осветительного прибора как рабочее расстояние.

Следует добавить, что освещенность поверхности может создаваться не одним источником, а любым числом произвольно расположенных источников, посылающих свет на освещаемую поверхность (или ее элемент) с различных направлений и под разными углами к ее нормали. Тогда общая освещенность будет равна сумме освещенностей поверхности в данной точке от различных источников света:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n.$$

За единицу освещенности принимается люкс (лк).

**Люкс** – это освещенность поверхности площадью 1м<sup>2</sup> световым потоком в 1 лм, падающим перпендикулярно к поверхности.

Освещенность, создаваемая прямыми солнечными лучами, имеет порядок 10 лк, освещенность, необходимая для чтения, составляет около 40 лк, освещенность, создаваемая полной Луной, равна 0,2 лк.

### **Источники освещения**

Естественные: солнце, светопроемы (верхнее, боковое, комбинированное).

Искусственные: лампы накаливания, газоразрядные лампы (общее, местное, комбинированное).

К видимому излучению относят лучи с длиной волны 400 – 760 нм. В этом диапазоне волн излучение определенной длины (монохроматический свет) вызывает цветовое ощущение. Чувствительность глаза к различному монохроматическому свету неодинакова. Глаз человека наиболее чувствителен к видимому излучению (ВИ) с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним относятся, прежде всего, непостоянство естественного света, который может резко изменяться даже в течение нескольких минут. Весьма большое влияние на естественное освещение оказывают эксплуатационные условия, связанные с загрязнением остекления и инсоляцией помещения.

Возможность отрицательного воздействия условий освещения на работающих обуславливаются рядом факторов:

- отсутствием или недостаточностью естественного света;
- пониженной освещенностью;
- повышенной яркостью;
- прямой и отраженной блескостью;
- повышенной пульсацией освещенности;
- повышенным уровнем ультрафиолетового излучения.

**Световое голодание** – это состояние организма, обусловленное дефицитом ультрафиолетового излучения и проявляющееся в нарушении обмена веществ и снижении резистентности организма.

Для предупреждения неблагоприятного воздействия условий труда в помещениях без естественного света необходимо:

- использовать для искусственного освещения газоразрядные источники света со спектральным составом, близким к спектру естественного света;
- предусмотреть динамическое освещение, т. е. освещение, при котором предусматривается изменение уровня освещенности или спектрального состава излучения источников света в динамике рабочего дня в периоды, предшествующие развитию утомления.

**Свет** – видимые глазом электромагнитные волны оптического диапазона с длиной волны 380 – 760 нм, воспринимаемые зрительным анализатором.

Глаз человека наиболее чувствителен к желто-зеленому диапазону.

**Световой поток** – количество световой энергии в соответствующем потоке излучения.

**Освещенность** – поверхностная плотность светового потока. Равна отношению светового потока, падающего на поверхность к площади этой поверхности (люкс).

Световой поток можно оценить в пространстве и на плоскости.

**Сила света** – это пространственная сила светового потока к пространственному углу, в пределах которых распределяется световой поток.

**Яркость** – величина светового потока, исходящего от освещенной поверхности в сторону глаза.

**Коэффициент отражения** – соотношение отраженного светового потока к падающему. Выражается в %. Зависит от способности поверхности отражать.

**Острота зрения** – способность глаза различать две точки, расстояние между которыми  $l$ , как две отдельные.

**Контрастная чувствительность** – способность глаза различать минимальный уровень яркости объекта и фона.

**Скорость зрительного восприятия** – время, в течение которого глаз успевает рассматривать отдельные предметы.

**Устойчивость ясного видения** – способность глаза длительное время четко различать рассматриваемый объект.

**Цветовая чувствительность** – способность различать цвета.

**Слепимость** – состояние, при котором имеет место ощущение дискомфорта и/или снижение способности распознавания предметов, в результате неправильного распределения яркости или неправильного диапазона яркости, либо чрезмерных контрастов в пространстве или во времени.

**Блескость** – свойство светящихся поверхностей вызывать вследствие чрезмерной яркости зрительный дискомфорт и нарушение деятельности зрительного анализатора.

**Прямая блескость** – создается источником света.

**Периферическая блескость** – от светящихся предметов.

**Отраженная блескость** – от зеркальных поверхностей.

Исключение прямой блескости в осветительных установках обеспечивается использованием источников света в осветительной арматуре (использование открытых ламп не допускается), применением светильников с экранирующими отражателями и рассеивателями, соблюдением высоты подвеса светильников. Для снижения инсоляции и слепящей яркости остекления оконных проемов используются солнцезащитные средства: светорассеивающие шторы, жалюзи, светозащитные козырьки.

В качестве мер для ограничения отраженной блескости служат следующие:

- использование светильников с рассеивателями;
- соответствующее расположение светильников относительно рабочей поверхности, чтобы зеркально отраженные поверхностью лучи не попадали в глаза работающих, т. е. чаще всего должно быть боковое или заднебоковое направление света;
- применение антибликовых покрытий и специальных защитных антибликовых фильтров;
- использование матовых покрытий рабочих поверхностей.

**Рациональное освещение** – это освещение достаточное по количеству, хорошее по качеству, экономичное и безопасное в эксплуатации.

Основное требование, которому должна отвечать осветительная установка, это, прежде всего, создание достаточного уровня освещенности в помещении и достаточной освещенности (яркости) на рассматриваемых предметах. Рациональное освещение должно быть равномерным в пределах помещения, обеспечивать хорошую видимость объектов, которые приходится различать в процессе работы. Должны отсутствовать прямая и отраженная блескость, пульсация освещенности, резкая разница в яркостях окружающих поверхностей и глубокие тени на рабочих местах. По спектральному составу искусственное освещение должно приближаться к естественному свету.

### **Классификация производственного освещения**

**I. Естественное** (верхнее, боковое, комбинированное).

**II. Искусственное** (местное, общее и комбинированное).

**III. Совмещенное** (естественное и искусственное).

### ***Естественное освещение.***

Боковое – через окна.

Верхнее – через световые фонари.

Комбинированное – верхнее и боковое.

Естественное освещение изменяется в течение суток, года, зависит от климатических условий.

Нормируемые параметры световой среды:

**КЕО** – отношение естественного освещения внутри помещения к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; выражается в %.

**Световой коэффициент** – отношение площади остекленности окон к площади помещения (в норме – 1:4; 1:5).

**Коэффициент заглубления** – отношение расстояния от верхнего края окна до пола к ширине помещения (в норме не > 2,4).

Уровень естественного освещения может изменяться в зависимости от загрязненности окон.

В норме кратность очистки стекол:

– не реже 2 раз в год, при незначительном выделении пыли;

– не реже 4 раз в год при значительном выделении пыли.

Не реже 1 раза в год побелка стен.

### ***Искусственное освещение.***

Искусственное освещение имеет ряд преимуществ:

– не зависит от времени суток, года, климата;

– не требует затрат энергии; соблюдение правил безопасности; наблюдение за эксплуатацией установок.

Искусственное освещение – общее, местное, комбинированное.

Местное освещение – стационарное и переносное.

В качестве источников искусственного освещения могут использоваться лампы накаливания и ртутные лампы.

Лампы накаливания: искажают световое восприятие, имеют низкую световую отдачу, создают тепловой эффект, в спектре излучений преобладает желто-красная часть спектра, имеют ограниченный срок службы и большую зависимость характеристик

ламп накаливания от подводимого напряжения (с повышением напряжения возрастает температура нити накала, и, как следствие, свет становится белее, быстро возрастает световой поток и несколько медленнее световая отдача, резко уменьшается срок службы).

Газоразрядные лампы (люминесцентные): имеют высокую световую отдачу (в 3 – 5 раз больше, чем у ламп накаливания), приближенный к естественному спектр излучения лампы, разнообразие оттенков света, рассеянный свет, срок службы в 3 раза больше, чем у ламп накаливания, и не создают тепловой эффект.

Недостатки люминесцентных ламп:

- стробоскопический эффект;
- шум;
- зависимость режима горения от температуры окружающей среды. Наиболее благоприятная температура – 18 – 25°С. Высокие и низкие температуры вызывают ослабление светового потока;
- напряжение в сети вызывает изменение режима горения лампы.

Наиболее распространены газоразрядные ртутные лампы высокого и низкого давления:

- лампы высокого давления применяют в основном в уличном освещении и в осветительных установках большой мощности;
- лампы низкого давления применяют для освещения жилых и производственных помещений.

Газоразрядная ртутная лампа низкого давления (ГРЛНД) представляет собой стеклянную трубку с нанесённым на внутреннюю поверхность слоем люминофора, заполненную аргоном под давлением 400 Па и ртутью (или амальгамой).

**Осветительные приборы:**

- ближнего действия – светильники;
- дальнего действия – прожекторы.

Светильники состоят из источника света и арматуры.

Значение арматуры:

- защита глаз от прямого действия света;
- перераспределение светового потока лампы так, чтобы основная часть света падала на рабочую поверхность.

### **По распределению светового потока:**

– *светильники прямого света* – больше 80% светового потока направлено в нижнюю полусферу за счет внутренней отражающей поверхности арматуры;

– *светильники рассеянного света* обеспечивают направление светового потока в обе полусферы;

– *светильники отраженного света* – больше 80% светового потока направлено в верхнюю полусферу, наиболее предпочтительно.

Пограничная линия проходит через центр светящейся лампы и противоположна краю арматуры.

КПД светильника – отношение светового потока, излучаемого светильником, к световому потоку, исходящему от самой лампы.

### **Нормирование**

Осуществляется в соответствии с Санитарными правилами и нормативами СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение». Для отдельных производственных помещений или групп помещений нормативы могут устанавливаться в профильных санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах.

Точность зрительной работы характеризуется наименьшим размером объекта различения.

Степень светлоты тона характеризуется отражающими свойствами рабочей поверхности.

Контраст между предметом и фоном определяется разностью яркости объекта и фона.

Нормы освещенности следует увеличивать на одну ступень шкалы:

– при напряженности зрительной работы в течение всего рабочего дня;

– при повышении опасности травматизма;

– при повышенном требовании к изготавливаемой продукции (пищевая промышленность, фармацевтическая промышленность);

– при отсутствии естественного освещения;

– при работе и обучении подростков, если освещенность 300 лк и менее.

## **Измерение и гигиеническое нормирование освещенности**

Приборы, используемые для измерения освещенности: люксметр АРГУС 01, 07, 12; цифровой люксметр MS-1300, 1500; LX-1108 и другие.

### **Профилактические мероприятия**

При отсутствии естественного освещения необходимо проведение следующих мероприятий:

- использование ламп со спектром, близким к дневному свету;
- увеличение уровня освещенности на разряд выше, чем полагается для данного класса работ;
- посещение фотариев.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

- 1) Биологическое действие света. Основные зрительные функции и их зависимость от освещения. Основные световые понятия и единицы измерения.
- 2) Виды производственного освещения.
- 3) Естественное освещение. Гигиеническое нормирование.
- 4) Искусственное освещение. Гигиеническая характеристика источников искусственного освещения. Виды светильников, гигиеническая оценка.
- 5) Профилактические мероприятия при отсутствии естественного освещения и недостаточной освещенности на рабочем месте.

### **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

Выберите один или несколько правильных ответов

1. ПРИ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ТЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ МОЖЕТ РАЗВИТЬСЯ
  - 1) катаракта
  - 2) нистагм
  - 3) ложная близорукость

2. Контрастная чувствительность – это способность глаза
  - 1) различать яркости смежных предметов
  - 2) различать детали в наикратчайший период
  - 3) удерживать отчетливо изображение рассматриваемой детали
  
3. Устойчивость ясного видения – это способность глаза
  - 1) различать яркости смежных предметов
  - 2) различать детали в наикратчайший период
  - 3) удерживать отчетливо изображение рассматриваемой детали
  
4. Единица измерения освещенности –
  - 1) люкс
  - 2) кандела
  - 3) стильб
  - 4) люмен
  
5. Наиболее рациональная с гигиенической точки зрения система искусственного освещения
  - 1) общего
  - 2) местного
  - 3) комбинированного
  - 4) совмещенного
  
6. Наиболее экономичная система искусственного освещения
  - 1) общего
  - 2) местного
  - 3) комбинированного
  - 4) совмещенного

7. СКОРОСТЬЮ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ НАЗЫВАЕТСЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА
- 1) различать яркости смежных предметов
  - 2) различать детали в наикратчайший период
  - 3) удерживать отчетливо изображение рассматриваемой детали
8. ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ ЯРКОСТИ –
- 1) люкс
  - 2) кандела/м<sup>2</sup>
  - 3) стильб
  - 4) люмен
9. ПРИ РАВНОМЕРНОМ РАЗМЕЩЕНИИ В ЦЕХЕ СВЕТИЛЬНИКОВ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СПОСОБ РАСЧЕТА ОСВЕЩЕННОСТИ МЕТОДОМ
- 1) точечных изолюксов
  - 2) линейных изолюксов
  - 3) удельной мощности (ватт)
10. ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ЦЕХОВ С НЕФИКСИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ НАИБОЛЕЕ ЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ЯВЛЯЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ
- 1) общей
  - 2) комбинированной

## 10. ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

Тема: Производственный шум

№	Ответ	№	Ответ
1.	1	6.	1
2.	3	7.	2
3.	1	8.	1
4.	2	9.	2, 3
5.	4	10.	2, 3

Тема: Производственная вибрация

№	Ответ	№	Ответ
1.	1, 2	6.	1
2.	2	7.	1, 2, 3, 4
3.	2	8.	1, 2, 3, 5
4.	2	9.	2, 4
5.	2	10.	1, 2, 3

Тема: Ультразвук

№	Ответ	№	Ответ
1.	2	6.	5
2.	2	7.	1
3.	2	8.	4
4.	5	9.	2
5.	3	10.	2

Тема: Инфразвук

№	Ответ	№	Ответ
1.	1	6.	3
2.	3	7.	3
3.	4	8.	4
4.	2	9.	1, 3
5.	1	10.	1, 3, 5

Тема: Электромагнитные поля

№	Ответ	№	Ответ
1.	3	6.	2
2.	1	7.	1, 2, 3, 5
3.	3	8.	1, 2
4.	3	9.	2, 3
5.	1	10.	1, 4

Тема: Лазерное излучение

№	Ответ	№	Ответ
1.	3	6.	1, 2, 3, 4
2.	2	7.	1, 2, 3
3.	1, 2, 3	8.	1, 3
4.	1, 2, 5	9.	5
5.	1, 2, 3	10.	6

Тема: Производственный микроклимат

№	Ответ	№	Ответ
1.	1, 3, 5	6.	1, 3
2.	2, 3	7.	1, 2, 3, 4, 5
3.	1, 2, 3	8.	1, 2, 3, 4,
4.	1, 2, 3, 5	9.	2
5.	1, 2	10.	4

Тема: Инфракрасное излучение

№	Ответ	№	Ответ
1.	4	6.	2
2.	4, 5, 6	7.	2
3.	2	8.	1
4.	1,2	9.	2
5.	2	10.	1, 2, 3, 4

Тема: Производственное освещение

№	Ответ	№	Ответ
1.	2	6.	3
2.	1	7.	2
3.	3	8.	2
4.	1	9.	3
5.	1	10.	1

## 11. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

- 1) Гигиена труда: учебник / под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.
- 2) Кирюшин, В. А. Гигиена труда: руководство к практическим занятиям / В. А. Кирюшин, А. М. Большаков, Т. В. Моталова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 400 с.

### Дополнительная:

- 1) Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / под ред. В. Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 416 с.
- 2) Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. акад. РАМН Н. Ф. Измерова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
- 3) Свидовый, В. И. Инфразвук как фактор окружающей и производственной среды / В. И. Свидовый. – СПб.: Инком, 2002. – 140 с.
- 4) Алексеев, В. Н. Глаз и инфразвук / В. Н. Алексеев, В. И. Свидовый, Т. И. Косачева. – СПб.: Кормчий, 2004. – 112 с.
- 5) Гигиенические аспекты лазерной безопасности в медицине / под ред. проф. В. И. Свидового. – СПб.: Абевега, 2005. – 83 с.
- 6) Измеров, Н. Ф. Оценка профессионального риска и управление им – основа профилактики в медицине труда / Н. Ф. Измеров // Гигиена и санитария. – 2006. – № 5. – С.14-17.
- 7) Измеров, Н. Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов. – М.: Медицина, 2003. – 556 с.
- 8) Общая гигиена / под ред. А. М. Большакова, В. Г. Маймулова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 832 с.
- 9) Суворов, Г. А. Регламентация физических факторов. Итоги и перспективы / Г. А. Суворов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 3. – С. 10-13.
- 10) Суворов, Г. А. Роль видимого излучения в медицине труда / Г. А. Суворов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 1998. – № 6. – С. 26-35.

11) Российская энциклопедия по медицине труда / под ред. Н. Ф. Измерова. – М.: Медицина, 2005. – 653 с.

12) Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Севера / под ред. В. С. Рукавишника. – Иркутск: НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2008. – 208 с.

13) Измеров, Н. Ф. Человек и шум / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов, Л. В. Прокопенко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2001. – 380 с.

14) Нехорошев, А. С. Комбинированное действие вибрации и постоянного широкополосного шума на нервную систему / А. С. Нехорошев, В. В. Глинчиков // Гигиена и санитария. – 1991. – № 9. – С. 68-71.

15) Панкова, В. Б. Профессиональные заболевания ЛОР-органов. Оториноларингология. Национальное руководство / В. Б. Панкова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – С. 848-856.

16) Синева, Е. Л. Актуальные проблемы профессиональной тугоухости / Е. Л. Синева, И. Н. Федина, Е. А. Преображенская // Медицина труда и промышленная экология. – 2007. – № 12. – С. 34-39.

17) Пальцев, Ю. П. Риск нарушений здоровья от электромагнитных полей / Ю. П. Пальцев, Н. Б. Рубцова, Л. В. Походзей // под ред. Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. – Раздел в справочнике «Профессиональный риск». – М.: Социздат, 2001. – С. 130-137.

18) Человек и электромагнитные поля. Сборник докладов II Международной конференции, Серов. – 2008. – 546 с.

19) Афанасьева Р. Ф. Интегральная оценка оптимального микроклимата и теплового состояния человека / Р. Ф. Афанасьева, А. Ф. Бобров, В. Г. Суворов [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 5. – С. 17-22.

## 12. НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1. Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

2. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.11 № 302н (зарегистрирован в Минюсте России 21 октября 2011 года) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

5. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях».

6. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

7. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

8. СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

9. СанПиН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».

10. СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин».

11. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ».

12. СП 2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».

13. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях».

14. СанПиН 2.4.6.2553-09 «Санитарно-эпидемиологические требования к безопасности условий труда работников, не достигших 18-летнего возраста».

15. ГОСТ 12.1.050-86 «Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах. Изменение N 1, принятое Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 24 от 05.12.2003)».

16. ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ, Вибрационная безопасность. Общие требования».

17. ГОСТ 31191.1-2004 «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования».

18. ГОСТ 31192.1-2004 «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования».

19. ГОСТ Р 12.4.208-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Наушники. Общие технические требования. Методы испытаний».

20. ГОСТ Р 12.4.209-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Вкладыши. Общие технические требования. Методы испытаний».

21. ГОСТ Р 12.4.210-99 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумные наушники, смонтированные с защитной каской. Общие технические требования. Методы испытаний».

22. ГОСТ 12.4.077-79 (2001) «Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Метод измерения звукового давления на рабочих местах».

23. ГОСТ 12.2.051-80 «ССБТ. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые. Требования безопасности».

24. Санитарные нормы и правила № 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров».

25. МУ 5309-90 «Методические указания для органов и учреждений санитарно-эпидемиологических служб по проведению дозиметрического контроля и гигиенической оценки лазерного излучения».

26. ГОСТ 12.1.040-83 «Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. общие положения».

27. ГОСТ 30494-96. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

28. ГОСТ 12.1.045– 84 «ССБТ. Электростатические поля».

29. СанПиН № 5802-91 «Санитарные нормы и правила выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)».

30. ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты».

31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

### 13. ПРИЛОЖЕНИЯ

#### Приложение 1

**Условия труда** – совокупность факторов трудового процесса и рабочей среды, в которой осуществляется деятельность человека.

**Оптимальные условия труда (1-й класс)** – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

**Допустимые условия труда (2-й класс)** – характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают

неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

**Вредные условия труда (3-й класс)** – характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

**1 степень 3 класса (3.1)** – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

**2 степень 3 класса (3.2)** – уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости (что может проявляться повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

**3 степень 3 класса (3.3)** – условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии;

**4 степень 3 класса (3.4)** – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

**Опасные (экстремальные) условия труда (4-й класс)** – характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т. ч. и тяжелых форм.

Приложение 2

**Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности (СН 2.2.4/2.1.8.562-96)**

Вид трудовой деятельности	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Высококвалифицированная работа, административно-управленческая деятельность	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
Работа с частыми сигналами, операторская, диспетчерская работа	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Работа, требующая сосредоточенности, с повышенными требованиями к процессам наблюдения	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Выполнение всех видов работ (кроме перечисленных) в производственных помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### Характеристика отдельных категорий работ

Категории работ разграничиваются на основе интенсивности энерготрат организма в ккал/ч (Вт).

К **категории Ia** относятся работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

К **категории Ib** относятся работы с интенсивностью энерготрат 121 – 150 ккал/ч (140 – 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

К **категории II** относятся работы с интенсивностью энерготрат 151 – 200 ккал/ч (175 – 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

К **категории IIб** относятся работы с интенсивностью энерготрат 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

К **категории III** относятся работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Верстка А. Л. Кондратюк

Издательство ОрГМА

460000, Советская, 6

тел. (3532) 77-99-25

Подписано к печати 14.05.2013 г.

Сдано в печать 14.05.2013 г.

Формат 60 х 90/16.

Усл. печ. л. 7,2.

Заказ № 684

Тираж 300 экз.