

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГБОУ ВПО «КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Иванов Ю.И.,  
Попова Е.А.

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ  
И ГИГИЕНА ТРУДА**

Конспект лекций по дисциплине  
«Производственная санитария и гигиена труда» для студентов  
направления 20.03.01 (280700) «Техносферная безопасность»  
профиль «Безопасность технологических процессов и  
производств» всех форм обучения

Кемерово 2014

**УДК 658.382 (075)**  
**ББК 51.24+51.2я7**  
**И 20**

*Рецензенты:*

**А.С. Голик**, д-р техн. наук, проф., акад., президент  
Регионального Сибирского отделения МАНЭБ;

**Г.К. Яппарова**, канд. техн. наук, доц. кафедры  
аэрология, охрана труда и природы, Кузбасский  
государственный технический университет им. Т.Ф.  
Горбачёва

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Кемеровского технологического института  
пищевой промышленности*

**Иванов, Ю.И.**

**И 52** Производственная санитария и гигиена труда: кон-  
спект лекций / Ю.И. Иванов, Е.А. Попова; Кемеровский  
технологический институт пищевой промышленности. –  
Кемерово, 2014. – 128 с.  
ISBN

Рассмотрены программные вопросы дисциплины «Произ-  
водственная санитария и гигиена труда» в изложении для сту-  
дентов направления 20.03.01 (280700) «Техносферная безопас-  
ность» профиль «Безопасность технологических процессов и  
производств»

**УДК 658.382 (075)**  
**ББК 51.24+51.2я7**

ISBN

© КемТИПП, 2014

## Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>1 лекция</b> Введение в дисциплину История развития гигиены труда .....	5
<b>2 лекция</b> Санитарное законодательство.....	11
<b>3 лекция</b> Производственный микроклимат.....	13
<b>4 лекция</b> Вредные вещества.....	25
<b>5 лекция</b> Пыль.....	32
<b>6 лекция</b> Промышленная вентиляция.....	39
<b>7 лекция</b> Производственное освещение.....	52
<b>8 лекция</b> Производственный шум.....	66
<b>9 лекция</b> Вибрация.....	81
<b>10 лекция</b> Электромагнитное излучение.....	93
<b>11 лекция</b> Ионизирующее излучение.....	109
<b>12 лекция</b> Лазерное излучение.....	127
<b>Список литературы</b> .....	132

## **Введение**

Конспект лекций предназначен оказать помощь студентам в самостоятельном овладении теоретическим материалом учебной дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда».

Цель изучения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» – идентификация и оценка уровней воздействия вредных производственных факторов, а также обоснование необходимости применения технических средств и методов защиты работающих для сохранения здоровья и работоспособности.

Конспект лекций, как вид учебно-методических изданий, должен лаконично раскрывать содержание и структуру учебной дисциплины. Конспект обычно не содержит иллюстраций, обширных фактических данных, подробностей и второстепенных деталей.

В предложенном конспекте в каждой лекции рассматриваются основные вопросы, на которые нужно обратить особое внимание при изучении темы, даются необходимые пояснения, приводятся ссылки на рекомендуемую литературу. Предлагаемый перечень рекомендуемой литературы включает в себя действующие законодательные и нормативные правовые акты учебную, справочную и периодическую литературу. После каждой темы приведены вопросы для самоконтроля. При изучении материала курса рекомендуется вести индивидуальный словарь с записями незнакомых терминов и определений.

Для закрепления теоретического материала дисциплины учебным планом предусмотрен ряд практических и лабораторных работ.

Конспект лекций предназначен для студентов направления 20.03.01 (280700) «Техносферная безопасность» профиль «Безопасность технологических процессов и производств» и может быть использован в качестве дополнительного материала студентами всех направлений, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

## **Лекция 1 Введение в дисциплину. История развития гигиены труда**

Производственная санитария (от лат. *sanitos* – здоровье) – это система организационных, санитарно–гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ 12.0.002–80\* «ССБТ. Термины и определения»).

Вредный производственный фактор – это фактор среды и трудового процесса, воздействие которого не работника при определенных условиях (интенсивность, длительность) может вызывать профессиональное заболевание или другое нарушение состояния здоровья, привести к нарушению здоровья потомства.

Вредными факторами могут быть (ФЗ «О специальной оценке условий труда»):

Классификация вредных факторов (ГОСТ 12.0.003–74\* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»):

1. Физические факторы – аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия; шум, инфразвук, ультразвук; вибрация (общая и локальная); неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения – электростатическое поле, постоянное магнитное поле (в т. ч. гипогеомагнитное), электрические и магнитные поля промышленной частоты, электромагнитные излучения радиочастотного диапазона и оптического диапазона (лазерное и ультрафиолетовое), широкополосные электромагнитные импульсы; ионизирующие излучения, параметры микроклимата (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, инфракрасное излучение), параметры световой среды (искусственное освещение (освещенность) рабочей поверхности).

2. Химические факторы – химические вещества, смеси, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), полученные химическим синтезом и (или) для контроля содержания которых используют методы химического анализа;

3. Биологические факторы – микроорганизмы–продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактери-

альных препаратах, патогенные микроорганизмы – возбудители инфекционных заболеваний.

4. Факторы трудового процесса: тяжесть и напряжённость труда.

В зависимости от экспозиции вредный фактор может стать опасным и привести к травме. Экспозиция – количественная характеристика интенсивности и продолжительности действия вредного фактора. Например: шум с уровнем более в 75 дБ приводит к невриту слухового нерва, шум с уровнем воздействия 130–150 дБ приводит к разрыву барабанных перепонок.

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (от греч. *hygieinos* – здоровый). Таким образом, санитария и гигиена происходят от одного и того же слова – здоровье. Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков (определение ВОЗ).

Гигиена труда – наука, изучающая гигиенические условия, характер труда и их влияние на здоровье, работоспособность человека и разрабатывающая научные основы и практические меры по предупреждению отрицательных последствий трудовой деятельности.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной базой для производственной санитарии. Производственная санитария – это инженерно-техническая дисциплина, которая осуществляет защиту работающих от вредных производственных факторов, обеспечивает условия сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Гигиена труда, как самостоятельная научная дисциплина, сформировалась в начале XX столетия, хотя истоки её формирования относятся к периодам истории Древней Греции и Рима. Так, Гиппократ (460–377 гг. до н. э.) писал о болезнях рудокопов, Гален (ок. 200–130 гг. до н. э.) – о поражённых пылью свинца, Плиний Старший (I в. до н. э.) – об отравлениях ртутью и серой.

В XVI в. швейцарский врач и химик Парацельс (1493–1541) и немецкий врач, геолог и металлург Георгий Агрикола (1494–1555) описали заболевания горняков под названием «Ча-

хотка горняков, каменотёсов, литейщиков». В труде Парацельса «О чахотке и других заболеваниях горнорабочих» показана клиника заболевания, которое сопровождалось лихорадкой, одышкой, кашлем. Ему принадлежит изречение, которое можно рассматривать как идею принципа нормирования, а именно: «Всё есть яд, и всё есть лекарство. Только одна доза делает вещество ядом или лекарством».

Признанным основоположником профессиональной патологии является итальянский врач, профессор медицины, ректор Падуанского университета Бернардино Рамаццини (1633–1714). В 1700 г. им была издана книга «О болезнях ремесленников (рассуждения)», в которой были описаны болезни шахтёров, позолотчиков, химиков, кузнецов и других ремесленников (более 50 профессий) и представлены в систематизированном виде вопросы гигиены труда в разнообразных профессиях.

Тема охраны труда рабочих в России нашла своё отражение в трудах М.В. Ломоносова, А.Н. Никитина, Д.П. Никольского и др. В трактате «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763) М.В. Ломоносов указывал на необходимость создания безопасных условий труда «горных людей» путём укрепления горных выработок, вентиляции шахт, удаления подземных вод. В трактате были освещены также вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний.

Автор первой книги по гигиене труда «Болезни рабочих с указанием предохранительных мер» А.Н. Никитин (1793–1858), описавший условия труда 120 рабочих профессий, признается основоположником гигиены труда в России.

Важное место в развитии гигиены труда занимает один из основоположников отечественной гигиены А.П. Доброславин (1842–1889). Его рассуждения о необходимости изучения всех факторов трудового процесса, которые могут оказать влияние на здоровье и работоспособность человека, в полной мере соответствуют научным представлениям сегодняшнего дня. Он описал условия труда на табачных фабриках, в шахтах, кессонах, клинику пневмокозиозов различной этиологии, отравлений свинцом и сероводородом.

Под руководством первого профессора гигиены Москов-

ского Императорского университета Ф.Ф. Эрисмана (1842–1915) в конце XIX столетия группа земских санитарных врачей (Дементьев Е.М., Погожев А.В. и др.) осуществляет санитарное обследование предприятий Московской губернии, в результате которого публикуется многотомный труд под его редакцией. Книга Ф.Ф. Эрисмана «Профессиональная гигиена, или гигиена умственного и физического труда» (1877) по праву считается первым в России оригинальным изданием по гигиене труда.

В развитие гигиены труда внес существенный вклад Г.В. Хлопин (1863–1929). Под его руководством выполнены крупные экспериментальные работы по действию промышленных ядов на организм, физиологии труда (энерготраты), гигиене труда и профессиональной патологии в химической и горнорудной промышленности.

В послевоенной России вопросы гигиены труда получают своё дальнейшее развитие. Уже на 4–й день после взятия большевиками власти был принят декрет о восьмичасовом рабочем дне и ежегодных отпусках. В 1918 г. утверждается первый «Кодекс законов о труде». В 1919 г. формируется Государственная промышленно–санитарная инспекция. По инициативе крупнейших ученых и организаторов здравоохранения создаются научно–исследовательские учреждения по охране и гигиене труда: в 1923 г. в Москве – Институт по изучению профессиональных заболеваний (Обух В.А.), ныне НИИ медицины труда РАМН, в этом же году в Харькове – Украинский институт рабочей медицины, в 1924 г. в Петрограде – Институт по изучению профессиональных болезней, в 1925 г. – Государственный научный институт охраны труда (Левицкий В.А., Каплун С.И.).

В 1933 г. правительством и ЦИК было принято постановление «Об организации государственной санитарной инспекции» с после – дующим развертыванием сети комплексных санитарно–эпидемиологических учреждений – санитарно–эпидемиологических станций (СЭС).

В развитии промышленной токсикологии важное место занимают работы Н.С. Правдина и Н.В. Лазарева.

Н.С. Правдин (1882–1954) – основатель школы промышленных токсикологов в СССР. Им впервые была разработана программа обоснования предельно допустимых концентраций



(ПДК) химических веществ в воздухе промышленных предприятий. Его работы посвящены изучению механизмов действия промышленных ядов, он указывал на необходимость изучения комбинированного действия химических веществ, им впервые дана классификация промышленных ядов.

Н.В. Лазарев (1895–1974) показал значение физико–химических свойств веществ в их токсичности, степени потенциальной опасности промышленных ядов. Он первый в СССР при определении токсичности новых химических веществ предложил использовать расчетные методы. Его справочник «Вредные вещества в промышленности» многократно переиздавался на протяжении 30 лет.

Проблемам производственного микроклимата были посвящены исследования Г.Х. Шахбазяна, М.Е. Маршака, А.Е. Малышевой и др. Были проведены глубокие исследования по изучению механизмов перегревания и охлаждения в нагревающем и охлаждающем микроклиматах, разработка теплозащитных технических мероприятий, средств индивидуальной защиты (СИЗ). В последние годы научные исследования по уточнению отдельных положений в научной концепции теплообмена работающего осуществляются под руководством Р.Ф. Афанасьевой (НИИ медицины труда РАМН).

А.А. Летавет (1893–1984) – основоположник промышленной радиационной гигиены. Под его руководством проведено первое изучение условий труда при работе с радиоактивными веществами, разработаны первые санитарные правила и нормы в этой области. А.А. Летавет – руководитель с 1948 по 1971 гг. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. По существу, многие годы он руководил программой научных исследований в СССР в области гигиены труда. Он соавтор первого руководства по гигиене труда, соавтор учебника (1946), основатель журнала «Гигиена труда и профзаболевания», главным редактором которого он был более 25 лет (ныне журнал «Медицина труда и промышленная экология»).

Трудно переоценить роль Е.Ц. Андреевой–Галаниной (1888–1975) в разработке проблем вибрационной патологии. С ее именем связано полное описание клинической картины по-

ражений, обусловленных локальной и общей вибрацией, понятие «вибрационная болезнь». Ею впервые были разработаны (и в последующем утверждены в 1955 г.) гигиенические нормы допустимых уровней вибрации ручных машин, комплекс мер по профилактике вредного действия этого фактора. Е.Ц. Андреева–Галанина – автор работ в области патогенеза шумовых поражений и профилактики вредного действия производственного шума. Дальнейшее развитие проблема вибрационного воздействия на работающих получила в работах И.К. Разумова, Г.А. Суворова, Л.В. Прокопенко.

В послевоенный период осуществляются комплексные исследования в области оздоровления условий труда в отдельных отраслях промышленности (машиностроение и металлургия, угольная, горнорудная, химическая и легкая промышленности, сельское хозяйство и др.). Разрабатываются санитарные правила и нормативы, охватывающие все формы трудовой деятельности. Особое место в научных программах занимают методологические вопросы гигиенического нормирования химических веществ (Саноцкий И.В.), факторов физической природы (Пальцев Ю.П.), а в последующие десятилетия – производственных факторов биологической природы. Ныне (с 1971 г.) эти программы научных исследований в области гигиены труда возглавляет академик РАМН Н.Ф. Измеров, директор НИИ медицины труда и профзаболеваний.

В послевоенный период в нашей стране в гигиене прочно утвердилась концепция «пороговости действия» вредных факторов на организм, в том числе и в гигиене труда. Это нашло свое отражение и в формулировках понятий «предельно допустимая концентрация» (ПДК) и «предельно допустимый уровень» (ПДУ).

Особое место в системе охраны здоровья работающих в этот период приобретает впервые разработанная под руководством Н.Ф. Измерова и А.А. Каспарова и утвержденная как один из основополагающих законодательных актов (1986) гигиеническая классификация трудовой деятельности по степени вредности и опасности, тяжести и напряженности, что нашло своё отражение и в Р 2.2.2006–05.

К производственной санитарии относится организация

освещения и вентиляции на рабочих местах, очистка воздуха в рабочей зоне от вредных веществ, обеспечение оптимальных и допустимых параметров микроклимата на рабочих местах, защита от различного рода излучений (тепловых, электромагнитных, виброакустических, лазерных, ионизирующих).

### ***Контрольные вопросы***

1 Основные понятия производственной санитарии и гигиены труда.

2 Роль и значение производственной санитарии и гигиены труда в подготовке инженера по охране труда.

3 История развития гигиены труда.

***Литература*** [37, 38, 43, 45, 49].

## **Лекция 2 Санитарное законодательство**

### **2.1 Правовые основы производственной санитарии**

Санитарное законодательство – совокупность законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния факторов среды обитания. Применительно к производственным условиям оно является частью законодательства об охране труда и направлено на сохранение здоровья и защиту работающих от вредных производственных факторов.

Правовую основу производственной санитарии составляют законы, подзаконные и нормативно–правовые акты.

Наибольшей юридической силой обладают законы:

- Конституция РФ;
- Трудовой кодекс РФ;
- ФЗ «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения»;
- ФЗ «О социальном страховании от НС на производстве и профессиональных заболеваний»;
- ФЗ «О радиационной безопасности населения»;
- ФЗ «О специальной оценке условий труда» и др.

К подзаконным актам относятся: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, решения судов и арбитражных судов, постановления министерств. Например:

- положение о расследовании и учёте профессиональных заболеваний;

– постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о социально–гигиеническом мониторинге» и др.

К нормативно–правовым актам в области санитарии и гигиены труда относятся: государственные стандарты (ГОСТ), санитарные нормы (СН) и правила (СП), санитарные правила и нормы (СанПиН), своды правил (СП), гигиенические нормативы (ГН), межотраслевые и отраслевые правила по охране труда (ПОТ РМ, ПОТ РО), руководство (Р), методические указания (МУ). Например:

– ГОСТ 12.4.120–83 «ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования»;

– СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

– СП 2.2.1.1312–03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий»;

– СанПиН 2.2.0.555–96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин»;

– СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания»;

– ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»;

– ПОТ Р М–011–2000 «Межотраслевые правила по охране труда в общественном питании»;

– ПОТ РО–001–2003 «Правила по охране труда в хлебопекарной и макаронной промышленности»;

– Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006–05;

– МУ 2.2.5.2810–10 «Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики».

Законодательство в области прав потребителей и санитарно–эпидемиологического благополучия человека базируется на нормативных актах, общее количество которых составляет свыше пятисот.

## **2.2 Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства**

В целях обеспечения санитарно–эпидемиологического благополучия населения в РФ осуществляется государственный санитарно–эпидемиологический надзор.

Федеральным органом исполнительной власти, уполномоченный осуществлять государственный санитарно–эпидемиологический надзор в РФ, является Федеральная служба по надзору в сфере прав потребителей и благополучия человека и её территориальные органы (Роспотребнадзор). Федеральная служба находится в ведении Министерства здравоохранения и социального развития РФ (Минздравсоцразвития России).

### ***Контрольные вопросы***

1 Основные законодательные акты в области производственной санитарии и гигиены труда.

2 Конституционное право человека на санитарно–эпидемиологическое благополучие, здоровые условия труда, быта и отдыха.

3 Обеспечение санитарно–эпидемиологического благополучия населения. Права должностных лиц, осуществляющих санитарно–эпидемиологический надзор.

4 Понятие рабочего времени. Продолжительность ежедневной работы. Охрана труда.

5 Административные правонарушения. Виды административных наказаний. Ответственность за нарушение санитарного законодательства.

6 Государственный санитарно–эпидемиологический надзор в РФ. Права и обязанности.

7 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Понятие о вредных и опасных производственных факторах, их классификация.

*Литература* [1, 2, 3, 20, 24, 25, 43, 44, 45, 49].

## **Лекция 3 Производственный микроклимат**

### **3.1 Общие сведения**

Производственный микроклимат – состояние воздушной среды в закрытых помещениях, характеризующийся температурой, подвижностью и относительной влажностью воздуха, опре-

делённым лучистым теплообменом и барометрическим давлением.

Температура, подвижность и относительная влажность воздуха, а также лучистый теплообмен определяют тепловой комфорт (дискомфорт) человека, находящегося в воздушной среде.

Спецификой производственного микроклимата является то, что хотя он формируется под влиянием климата местности (особенно при работах на открытом воздухе), но технология, производственный процесс значительно изменяют физические свойства окружающей воздушной среды, создавая своеобразные метеорологические условия на рабочих местах, что особенно проявляется в закрытых помещениях.

В таких помещениях микроклимат зависит, кроме технологии, также от имеющейся системы отопления и вентиляции. В связи с этим микроклимат может быть монотонным, когда его параметры мало изменяются в течение рабочей смены (ткацкие, швейные цеха) или, наоборот, очень динамичным (сталеплавильные, литейные цеха).

Тепловой режим помещений во многом зависит от температуры воздуха в них. В настоящее время 85 % людей – жителей средней полосы России – оценивают температуру воздуха 22 °С как комфортную (в США тепловой комфорт соответствует температуре воздуха 25,5 °С. То или иное сочетание параметров микроклимата по разному влияют на тепловой обмен и тепловое состояние человека, а следовательно на его самочувствие, работоспособность и состояние здоровья, и могут быть условно сведены к трём видам:

- нейтральный или комфортный;
- нагревающий (преобладание радиационного или конвекционного тепла);
- охлаждающий (в холодный период на открытом воздухе и в неотапливаемых помещениях, искусственно созданный по технологическим требованиям, в закрытых помещениях при неэффективных системах отопления, вентиляции и др.)

Показатели микроклимата оцениваются для рабочей зоны помещения. Рабочая зона помещения – это пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой нахо-

дится постоянное или непостоянное рабочее место.

Поддержание микроклимата на рабочих местах в пределах гигиенических норм – важнейшая задача охраны труда.

### 3.2 Действие на организм

Между человеком и окружающей его средой происходит постоянный теплообмен. Для нормального функционирования физиологических процессов необходимо, чтобы выделяемая организмом человека теплота (теплопродукция) полностью отводилась в окружающую среду. Это состояние обычно называют гомеостазом (тепловым балансом) и выражают с помощью формулы:  $Q_n = Q_o = Q_k + Q_{из} + Q_m + Q_{исп} + Q_{дых} - D$ , в которой  $Q_n$  – количество теплоты, продуцируемой человеком (теплопродукция);  $Q_o$  – количество теплоты, отдаваемой человеком в окружающую среду (теплоотдача);  $Q_k$ ,  $Q_{из}$ ,  $Q_m$ ,  $Q_{исп}$ ,  $Q_{дых}$  – теплоотдача соответственно конвекцией, излучением, теплопроводностью, испарением влаги (пота), нагреванием вдыхаемого воздуха;  $D$  – дефицит тепла. Нарушение теплового баланса приводит к перегреву (гипертермии) или к переохлаждению (гипотермии). Основные способы теплообмена между человеком и окружающей его средой – конвекция, теплопроводность, излучение и испарение.

Параметры микроклимата могут изменяться в широких пределах. Необходимым же условием жизнедеятельности человека является сохранение постоянства температуры тела. Способность человеческого организма поддерживать постоянной температуру тела при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы называется терморегуляцией.

Микроклимат по степени его влияния на тепловой баланс человека делят на: нейтральный, нагревающий, охлаждающий.

Нейтральный микроклимат – такое сочетание показателей микроклимата, которое обеспечивает тепловой баланс, при котором разность между величиной теплопродукции и суммарной теплоотдачей находится в пределах  $\pm 2$  Вт, а доля теплоотдачи испарением влаги не превышает 30 %.

Охлаждающий микроклимат – сочетание показателей микроклимата, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в окружающую среду над величиной теплопродукции организма, приводящее к образованию общего или

локального дефицита тепла в теле человека (менее 2 Вт).

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме (более 2 Вт) или в увеличении доли потерь тепла испарением влаги более чем 30 %.

Микроклиматические (метеорологические) параметры , как каждое в отдельности, так и в различных сочетаниях оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Для производственных помещений в большинстве случаев характерно суммарное действие микроклиматических факторов. Такое действие может быть синергическим, когда воздействия неблагоприятных факторов усиливают друг друга, или антагонистическими, когда действие одного или нескольких факторов ослабляются или полностью уничтожаются другими.

**Температура воздуха** оказывает большое влияние на самочувствие человека и производительность его труда. Она является основным фактором раздражающим нервные окончания поверхностных частей тела. От температуры зависят глубина и частота дыхания, скорость циркуляции крови, характер кровотока, интенсивность окислительных и биохимических процессов. Высокая температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров на оптимальных и допустимых уровнях оказывает неблагоприятное влияние на сердечно–сосудистую, центральную нервную систему человека и пищеварения, вызывая нарушение их деятельности. Она вызывает быструю утомляемость организма, приводит к расслаблению тела человека, снижению внимания, а в наиболее неблагоприятных условиях – к перегреву организма (тепловой удар).

Реакция на жару мужчин и женщин, людей разного возраста различна. Люди старшего возраста хуже переносят жару, так как они начинают потеть позднее, чем молодые, а мужчины хуже, чем женщины, выдерживают влажный воздух.

Низкая температура может вызвать местное и общее охлаждение организма и стать причиной простудных заболеваний. В первую очередь от низкой температуры воздуха страдают открытые или недостаточно защищённые части тела (пальцы



рук и ног, щёки, уши). Возможны случаи обморожения даже при температурах  $+4...+5$  °С при высокой относительной влажности воздуха и сильном ветре. Переохлаждение представляет собой опасность для многих людей, занятых короткое или длительное время в условиях холода на работе вне помещений, в неотапливаемых помещениях, в холодильниках и на установках замораживания продуктов питания, а также при обработке свежих пищевых продуктов на предприятиях пищевой промышленности.

Переохлаждение опасно снижением иммунитета, возбудимостью организма и потерей координации, невозможностью сосредоточиться, холодowymi травмами и другими физиологическими расстройствами и болезнями. Холод, в котором вынуждены трудиться люди, существенно снижает их производительность труда.

Длительное переохлаждение приводит к заболеваниям периферийной нервной системы, радикулиту, невралгии лицевого, тройничного, седалищного и других нервов, суставному и мышечному ревматизму, бронхиту и другим заболеваниям.

**Влажность воздуха** определяется содержанием в нём водяных паров и измеряется в абсолютных и относительных единицах. Влажность воздуха в рабочей зоне выражают в величинах относительной влажности.

Относительная влажность – отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при одних и тех же давлении и температуре.

Повышенная влажность воздуха (более 75...80 %) приводит к нарушению терморегуляции организма человека (уменьшается отдача тепла за счёт испарения пота), к его перегреванию при высокой температуре (более 30 °С) воздуха, ухудшает состояние и работоспособность.

Низкая относительная влажность воздуха приводит к ускорению отдачи тепла организмом человека за счёт испарения пота, что неблагоприятно при низких температурах воздуха. Кроме того, понижение относительной влажности воздуха до 20 % и менее вызывает неприятное ощущение сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей, вызывая их пересыхание и растрескивание.

**Подвижность воздуха** (скорость движения) внутри про-

изводственных помещений вызывается естественной и механической вентиляцией, неравномерным нагревом воздушных масс, возникновением конвекционных воздушных потоков и за счёт возмущения воздушных потоков движущимися и вращающимися машинами, аппаратами, установками и людьми.

Скорость движения воздуха в зависимости от температуры может оказывать различное влияние на организм человека. При высокой температуре воздуха его движение способствует сохранению хорошего самочувствия, улучшается отдача тепла организмом посредством конвекции. В тоже время большая скорость движения воздуха, особенно в холодный период года, приводит к сквознякам и, как следствие, к простудным заболеваниям.

**Тепловое излучение** (инфракрасное излучение) – это периодические электромагнитные колебания с длиной волны 0,76–1000 мкм (в гигиенической практике – до 30 мкм), которое испускает любое нагретое тело. Инфракрасное излучение подчиняется ряду важных физических закономерностей, установленных для абсолютно чёрного тела, а именно: это тело, полностью поглощающее все падающие на него излучения; тепловой излучатель – это излучатель, имеющий наибольшую мощность излучения при данной температуре для всех волн по сравнению с другими излучателями.

Согласно закону Стефана–Больцмана, теплоотдача излучением  $E$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) прямо пропорциональна четвёртой степени абсолютной температуры тела  $T$  (К):  $E = \sigma_0 \cdot (T_1^4 - T_2^4)$ , где  $\sigma_0$  – коэффициент теплоотдачи излучением ( $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ );  $T_1$  – температура излучающего тела, К;  $T_2$  – температура воспринимающего тела, К.

С увеличением температуры тела до  $T$  (К) изменяется длина волны, а именно: максимум энергии излучения тела смещается в сторону более коротких волн, подчиняясь закону Вина и приходится на длину волны  $\lambda = 2990/T$ , мкм.

Из этих законов следует:

– теплоотдача излучением зависит в основном от температуры излучающего тела;

– даже небольшое увеличение температуры тела приводит к значительному увеличению теплоотдачи излучением;

с увеличением температуры тела максимум энергии излучения сдвигается в сторону более коротких волн.

Основные производственные источники излучения (электрические дуги, печи, открытое пламя, нагретый металл и др.) имеют температуру от 3600 до 200 °С, а максимум излучения которых колеблется от 0,7 до 7 мкм.

Эффект теплового действия инфракрасных излучений на человека зависит от длины волны, которая обуславливает глубину их проникновения, интенсивности потока, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, вида одежды.

Инфракрасное излучение согласно классификации Международной комиссии по освещению подразделяется на три области – А, В, С. К области А относятся излучения с длиной волны (мкм) 0,76–1,4; к В 1,4–3 и С–более 3 мкм. Первая обладает большой проникаемостью через кожу и определяется как коротковолновое инфракрасное излучение (лучи Фохта), а остальные – как длинноволновое, которое большей частью поглощается в эпидермисе.

Инфракрасные излучения влияют на функциональное состояние центральной нервной и сердечно–сосудистой систем, а именно: изменяется частота пульса, увеличивается систолическое давление и снижается диастолическое, увеличиваются влагопотери и лёгочная вентиляция, повышается температура тела. Коротковолновые лучи (менее 1,4 мкм) проникают через кожу и ткани на глубину нескольких сантиметров, они могут проходить через кости черепа и твёрдую мозговую оболочку.

Интенсивное воздействие коротковолновых инфракрасных излучений может вызвать солнечный удар – головную боль, головокружение, учащение пульса, затмение или потерю сознания, нарушение координации движений, тяжёлое поражение мозговых оболочек и мозговых тканей вплоть до выраженного менингита и энцефалита. Интенсивное поглощение хрусталиком глаза данного вида излучения является причиной катаракты. Инфракрасное излучение при действии на глаза может вызвать конъюнктивиты, помутнение роговицы, спазм зрачков.

В настоящее время доказано, что инфракрасное излучение изменяет скорость протекания биохимических реакций, струк-

туру тканей и активность ферментов при поглощении квантов инфракрасных лучей. Наблюдается денатурация белков, в результате чего в общий круг кровообращения попадают биологически активные вещества белкового происхождения, влияющие через нервную систему на органы и ткани. Нарушается проницаемость клеточных мембран, повышается уровень кальция в крови, снижается концентрация клеточного калия, изменяется функциональное состояние ЦНС.

В зависимости от мощности инфракрасного излучения изменяется активность свободно-радикальных и антиоксидантных систем организма, состояние антимикробной резистентности. При малой интенсивности преобладает положительный для организма эффект, а при интенсивности более  $175 \text{ Вт/м}^2$  наоборот—снижение активности ферментов, антиоксидантных систем и, как следствие, снижение антимикробной резистентности организма. С уменьшением длины волны и увеличением площади облучения данный биологический эффект увеличивается.

Кроме непосредственного воздействия на работающих, лучистая энергия, поглощаясь окружающими конструкциями, оборудованием и материалами, переходит в тепловую энергию и в результате этого приводит к повышению температуры воздуха внутри помещения.

Важнейшей характеристикой воздушной среды является барометрическое давление, ибо разница барометрического давления и давления воздуха в альвеолах лёгких определяет величину газообмена. Барометрическое давление считается и называется нормальным на уровне моря (одна атмосфера) и экспоненциально убывает с высотой. Работа при пониженном (повышенном) барометрическом давлении меняет уровень поступления кислорода в организм и представляет опасность. Люди, работающие в условиях повышенного давления, могут получить кессонную болезнь, баротравмы ушей, воспаление синусовых полостей и лёгких или столкнуться с другими физиологическими проблемами.

Уменьшение давления приводит к существенному снижению количества вдыхаемого кислорода, что может вызвать гипоксию, острый приступ горной болезни, высотный отёк лёгких

и мозга. При недостатке кислорода возникает головная боль, потеря ориентации, сонливость и нарушение координации, мышечная слабость, падение остроты зрения.

Поддержание определённого барометрического давления – сложная техническая задача, требующая значительных финансовых затрат, а потому осуществляется лишь в специальных случаях, например, при нахождении людей в подводных лодках, водолазных колоколах, барокамерах, самолётах и космических кораблях

### **3.3 Гигиеническое нормирование**

В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88\* «Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» нормируемые параметры микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые.

Оптимальные условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8–ми часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья в течение рабочей смены (8 часов), но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Но эти изменения проходят за время отдыха, к началу следующей рабочей смены.

При нормировании показателей микроклимата учитывается период года и физическая тяжесть выполняемых работ.

Различают тёплый и холодный периоды года: холодный – среднесуточная температура наружного воздуха равна + 10°C и ниже; тёплый – среднесуточная температура наружного воздуха выше + 10°C. Среднесуточная температура принимается по данным метеорологической службы.

С помощью метода непрямой калориметрии об энергетиче-

ческих затратах судят по количеству поглощенного организмом кислорода и выделенного углекислого газа. Все виды работ по интенсивности энергозатрат организма, Вт (1 Вт = 0,86 ккал/ч) разделены на категории:

Iа – работы с энергозатратами до 139 Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (профессии в сфере управления, на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах и т.п.).

Iб – работы с энергозатратами 140–174 Вт, выполняемые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (профессии в полиграфической промышленности, на предприятиях связи и т.п.).

IIа – работа с энергозатратами 175–232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) предметов в положении стоя или сидя, требующие определенного физического напряжения (в механосборочных цехах, машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.).

IIб – работы с энергозатратами 233–290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением или переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением (механизированные литейные, прокатные, кузнечные, сварочные цеха т.п.).

III – работы с энергозатратами более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской тяжестей (свыше 10 кг) с большими физическими усилиями (каменщик, кузнец ручнойковки, вальщик леса, сталевар и т.п.).

Для установления нормативных значений показателей микроклимата следует руководствоваться приложениями СанПиН 2.2.4.548–96.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников приведены в таблице 1.

В целях профилактики локального перегрева, тепловых травм, температура наружных поверхностей оборудования и ограждений не должна превышать 43 °С при контакте менее 10 % поверхности тела в течение 8-часовой смены (СП 2.2.2.1327–03 «Гигиенические требования к организации технологических

процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту»). Согласно этим же правилам, температура воды или растворов, смачивающих жидкостей, используемых в технологических процессах с применением ручных операций, должна быть в пределах 25–30 °С.

Таблица 1

Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Вид источника свечения	Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
тёмный	50 и более	35
	25–50	70
	не более 25	100
красный и белый	не более 25*	140*

\*С обязательным использованием СИЗ, включая защиту лица и глаз.

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата в условиях нагревающего микроклимата в помещении рекомендуется использовать индекс интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС–индекс).

ТНС–индекс является эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения). ТНС–индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ( $t_{вл}$ ) и температуры внутри зачерненного шара ( $t_{ш}$ ) по формуле:  $ТНС = 0,7 \cdot t_{вл} + 0,3 \cdot t_{ш}$ . Значения ТНС–индекса не должны выходить за пределы величин, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Рекомендуемые величины ТНС–индекса для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	ТНС–индекс, °С
Ia (до 139)	22,2 – 26,4
Iб (140 – 174)	21,5 – 25,8
IIa (175 – 232)	20,5 – 25,1

Пб (233 – 290)	19,5 – 23,9
Пл (более 290)	18,0 – 21,8

### 3.4 Профилактические мероприятия

Мероприятия по нормализации микроклиматических условий производственных помещений делят на 3 группы.

#### 1 Строительно–технологические:

- объемно–планировочные и конструктивные решения в промышленных зданиях и сооружениях;
- замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования;
- замена горячего способа обработки металла холодным, применение индукционного нагрева металлов;
- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление;
- рациональное размещение оборудования в помещении;
- защита расстоянием (размещение теплоизлучающего оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках).

#### 2 Санитарно–технические:

- герметизация оборудования;
- теплоизоляция поверхностей оборудования – асбест, стекловолокно, войлок, диатомит, ячеистые бетоны, пробковые материалы, керамзит, вермикулит;
- экранирование источников теплового излучения;
- вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха;
- тепловые завесы, воздушное душирование, тамбур–шлюзы.

#### 3 Организационные:

- защита временем, рациональный режим труда и отдыха (дополнительные перерывы, сокращение длительности рабочей смены);
- помещения отдыха с оптимальными условиями комфорта (для обогрева с горячим питьем или «оазисы» с охлажденной питьевой водой);
- фотарии;
- сатураторы с подсоленной (0,5 % NaCl) водой;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) – специальные



одежда, обувь, средства защиты рук и головы.

### ***Контрольные вопросы***

1 Производственный микроклимат: понятие, виды.

2 Особенности микроклимата при разных видах работы в закрытых помещениях и на открытом воздухе. Горячие и холодные цеха.

3 Физическая и химическая терморегуляция человека в производственных условиях; основные закономерности теплообмена.

4 Функциональные изменения в организме в условиях нагревающего и охлаждающего микроклимата. Патологические состояния.

5 Адаптация и акклиматизация в производственных условиях.

6 Гигиенические принципы нормирования производственного микроклимата.

7 Инфракрасное излучение. Источники, законы излучения, влияние на организм. Профилактика вредного воздействия.

8 Профилактические мероприятия по обеспечению благоприятных метеорологических условий на производстве.

9 Требования, предъявляемые к средствам и методам измерения микроклимата.

10 Основные приборы, используемые для измерения параметров микроклимата; принципы работы.

*Литература* [7, 9, 17, 23, 36, 43, 44, 45, 47, 49, 50].

## **Лекция 4 Вредные вещества**

### **4.1 Общие сведения**

В воздухе рабочей зоны могут находиться вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.

Промышленные вещества (промышленные яды) представляют собой неорганические вещества, содержащие практически все элементы Периодической системы Д.И. Менделеева и все классы органических соединений, начиная с простейших алифатических углеводородов и заканчивая синтетическими высокомолекулярными соединениями, а также веществами, сравнимы-

ми по степени токсичности с боевыми отравляющими веществами.

Состав чистого воздуха – это азот 78,08 %; кислород 20,94 %; аргон, неон, другие инертные газы и водяной пар 0,94 %; углекислый газ 0,03 %; прочие газы 0,01%.

Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Вредные вещества – это химический опасный и вредный производственный фактор.

#### **4.2 Действие на организм**

Значительное количество химических веществ с различными физико–химическими свойствами, с различным характером биологического действия не позволило до настоящего времени систематизировать все вещества и разработать их единую классификацию. Предложено несколько классификаций промышленных ядов, основанных на их химических свойствах, характере действия.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества (ГОСТ 12.0.003–74\* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация») подразделяются на следующие группы:

а) токсические – вызывают отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ароматические углеводороды, ртуть, фосфор);

б) раздражающие – вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, лёгких, кожи (аммиак, хлор, сероводород);

в) сенсibiliзирующие – вызывают аллергические реакции (формальдегид, растворители, лаки);

г) канцерогенные – вызывают злокачественные или доброкачественные новообразования (асбест, ароматичные углеводороды);

д) мутагенные – нарушают генетический код клеток, наследственной информации (свинец, ртуть, формальдегид);

е) влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (бензол, сероуглерод, ртуть).

По степени токсичности вещества делят на четыре класса:

1–й чрезвычайно токсичные;

2–й высокотоксичные;

3–й умеренно токсичные;

4–й малотоксичные.

По степени опасности, т.е. по совокупности свойств, определяющих вероятность вредного действия в реальных условиях при его производстве или применении промышленные вещества (яды) делятся тоже на четыре класса чрезвычайно опасные, высоко опасные, умеренно опасные, и малоопасные (ГОСТ 12.1.007–76\*)

Пути поступления яда в организм:

1. Ингаляционный – через дыхательные пути с воздухом. Наиболее частый случай на производстве.

2. Кожно–резорбтивный (резорбция – от лат. «поглощаю»), или перкутанный – поступление веществ с поверхности неповрежденной кожи через клеточные элементы в кровь и лимфу.

3. Энтеральный (пероральный) – через систему желудочно–кишечного тракта (ЖКТ): при приеме внутрь через рот и всасывании из желудка.

4. Парентеральный – через кровь и лимфу при инъекциях (ошибочных или преднамеренных), через раны и укусы насекомых.

Отравления протекают в острой и хронической формах.

При повторном действии одного и того же яда в токсической дозе возможны такие явления как кумуляция, сенсibilизация и привыкание. Кумуляция – эффект накопления. Сенсibilизация – состояние организма, при котором повторное воздействие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущее. При повторяющемся воздействии можно наблюдать и ослабление эффектов вследствие привыкания.

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм не-

скольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько типов комбинированного действия.

Аддитивность (суммация) – суммарный эффект, равный сумме эффектов действующих компонентов, например, свинец + ртуть, наркотические вещества.

Потенцирование (синергизм) – в смеси одно вещество усиливает действие другого, например, алкоголь + ртуть, SO<sub>2</sub> + Cl.

Антагонизм – одно вещество угнетает действие другого, например, все antidotes (противоядия).

Независимое действие – компоненты смеси действуют на разные системы организма, токсические эффекты не связаны друг с другом, например, бензол + раздражающие газы.

Важно помнить, что токсический эффект – это результат взаимодействия вредного вещества, организма человека и фактора внешней среды.

Вредное действие различных производственных веществ на организм зависит от многих факторов: пол, возраст, индивидуальная переносимость, химическая структура и физические свойства яда, количество, длительность и непрерывность поступления.

Увеличивают токсическое действие вредных веществ – повышенный шум, вибрация, неблагоприятные микроклиматические условия (повышенная или пониженная температура, повышенная влажность воздуха), барометрическое давление.

### **4.3 Гигиеническое нормирование**

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ применяют гигиеническое нормирование их содержания в воздухе рабочей зоны.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на 4 класса опасности (ГОСТ 12.1.007–76\* «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»):

- 1 – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец и др.);
- 2 – вещества высокоопасные (сероводород, хлор и др.);
- 3 – вещества умеренно опасные (нефть, ацетон и др.);
- 4 – вещества малоопасные (бензин, метан, этанол и др.). В

больших концентрациях малоопасные вещества могут вызывать тяжелые отравления.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Классификация вредных веществ по степени опасности

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, ПДК, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, $DL_{50}^*$ , мг/кг	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, $DL_{50}^k$ , мг/кг	менее 100	100–500	501–2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, $CL_{50}$ , мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500–5000	5001–50000	более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300–30	29–3	менее 3
Зона острого действия, $Z_{ac}$	менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	более 54,0
Зона хронического действия, $Z_{ch}$	более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	менее 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Предельно допустимые концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, ПДК, мг/м<sup>3</sup> – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современ-

ными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Средняя смертельная доза при введении в желудок,  $DL_{50}^J$ , мг/кг – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу,  $DL_{50}^K$ , мг/кг – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу.

Средняя смертельная концентрация в воздухе,  $CL_{50}$ , мг/м<sup>3</sup> – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух–четырёхчасовом ингаляционном воздействии.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Зона острого действия,  $Z_{ac}$  – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона хронического действия,  $Z_{ch}$  – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Гигиеническая регламентация содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится в 3 этапа:

1.Обоснование ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ);

2.Обоснование принятия ПДК;

3.Корректирование ПДК с учётом условий труда работающих и состояния здоровья.

ОБУВ устанавливают временно, на период предшествующий проектированию производства. Значение ОБУВ определяется путём расчёта по физико–химическим свойствам или путём интерполяции близких по строению соединений. ОБУВ (ГН

2.2.5.2308–07 «ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны») пересматривается через 2 года после его утверждения или заменяется на ПДК.

Исходной величиной для установления ПДК является порог хронического действия  $Lim_{ch}$ , в который вводится коэффициент запаса  $K_3$ :  $ПДК = Lim_{ch}/K_3$ .

ПДК устанавливаются на уровне в 2–3 раза более низком, чем  $Lim_{ch}$ , но при выявлении специфического действия (мутатогенного, канцерогенного)  $K_3$  равен 10 и более.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в документах: ГОСТ 12.1.005–88\* «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

#### **4.4 Профилактические мероприятия**

Методы защиты от воздействия вредных веществ делят на 3 группы:

1. Технические (основное направление – не допускать проникновения вредных веществ в воздух рабочей зоны):

- комплексная механизация и автоматизация технологических процессов;
- герметизация технологического оборудования и коммуникаций;
- своевременный ремонт оборудования;
- промышленная вентиляция.

2. Медико-санитарные:

- регистрация и расследование всех случаев отравления, периодические медосмотры;
- систематический контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- организация рационального и лечебного питания, использование антидотов для профилактики профессиональных заболеваний.

3. Организационные:

- проведение инструктажей;
- организация рабочего места;
- применение СИЗ, чаще СИЗОД – СИЗ органов дыхания.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Классификация вредных веществ.
- 2 Пути поступления и действие вредных веществ на организм человека.
- 3 Факторы, определяющие токсическое действие вредных веществ.
- 4 Классы опасности вредных веществ.
- 5 Гигиеническое нормирование вредных веществ.
- 6 Защита от вредных веществ на производстве.
- 7 Приборы и методы контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

***Литература*** [32, 34, 36, 39, 40, 43, 45, 47, 48, 49, 50].

### **Лекция 5 Пыль**

#### **5.1 Общие сведения**

Пыль – понятие, определяющее физическое состояние вещества, а именно, раздробленность его на мельчайшие частицы. Образование пыли и её выделение в воздух рабочей зоны имеет место во многих отраслях промышленности: в горнорудной и угольной промышленности – при бурении породы, взрывных работах, сортировке, измельчении; в машиностроении – при очистке, обрубке литья, шлифовке, полировке изделий; металлургии и химии – при выполнении пирометаллургических процессов выплавке металлов и плавки различных минеральных материалов; на текстильных предприятиях – при очистке и сортировке шерсти, хлопка, прядении, ткачестве и др. В пищевой и перерабатывающей отраслях промышленности основными источниками пылевыделения являются процессы, связанные с измельчением, шлифованием, шелушением, просеиванием, сортировкой полученных продуктов. Понятию «пыль» близки понятия «туман» и «дым», которые вместе с пылью объединяются общим термином «аэрозоль».

**Производственная пыль** – совокупность мелкораздробленных частиц твёрдого вещества, находящегося в воздухе рабочих помещений во взвешенном состоянии, т.е. в виде аэрозоля, в котором дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой – пылевые частицы.

Аэрозольная система, как правило, не находится в неиз-



менном состоянии в виду того, что пылевые частицы непрерывно взаимодействуют между собой, в результате чего происходит их укрупнение, разрушение конгломератов, осаждение и образование «аэрогелей».

Процесс укрупнения взвешенных в воздухе частиц называется коагуляцией (агрегированием, агломерацией), который происходит в результате взаимодействия частиц под действием различного рода физических факторов – столкновения под действием гравитационных сил, броуновского движения, электростатического притяжения, размеров частиц, их концентрации, значения влажности воздуха в помещении. Различают естественную и искусственную коагуляцию пыли. Процесс естественной коагуляции происходит под действием естественных сил, то есть в основном за счёт броуновского движения и гравитационных сил. При искусственной коагуляции данный процесс специально ускоряют, применяя дополнительные факторы, например, турбулизацию запылённого потока, озвучивание запылённой среды, искусственную ионизацию среды.

Дисперсность в значительной степени определяет свойства пыли. В результате измельчения изменяются некоторые качества вещества и приобретаются новые. При диспергировании (измельчении) вещества многократно увеличивается его суммарная поверхность. Например, при измельчении вещества, имевшего форму куба с ребром 1 см, и превращении его в частицы кубической формы с размером ребра 1 мкм суммарная поверхность материала куба возрастает в 10 тысяч раз и станет равной 6 м<sup>2</sup>. В результате резкого увеличения поверхности вещества значительно возрастает его физическая и химическая активность. Например, измельчённые вещества растворяются во много раз быстрее, чем исходный материал.

Электрические свойства пыли влияют на устойчивость аэрозоли, процесс осаждения частиц, а также на характер воздействия пылевых частиц на живой организм.

Унифицированной классификации пылей в настоящее время не создано, но в практических целях используется несколько условных схем, позволяющих по различным признакам обобщать все встречающиеся в производственных условиях виды аэрозолей.

С гигиенической точки зрения наиболее приемлемой, принято считать классификацию Н.А. Фукса, учитывающую важнейшие физико–химические особенности аэрозоля.

Согласно данной классификации к собственно пыли относятся аэрозоли дезинтеграции с твёрдыми частицами, независимо от их дисперсности, к дымам — аэрозоли конденсации с твердой дисперсной фазой, к туманам — все аэрозоли независимо от их происхождения и дисперсности, имеющие жидкую дисперсную фазу (водяной природный или искусственный туман). Твёрдые или жидкие частички с размерами от 100 до 1000 мкм (0,1 мм) называют аэровзвесями. Они могут находиться в воздухе только при больших скоростях его перемещения и турбулизации. В воздушной среде могут также содержаться мельчайшие живые организмы и их части, которые образуют биоаэрозоли.

Классифицируют производственную пыль по следующим признакам: происхождению, способу образования, дисперсности, химическому составу.

По происхождению все виды пыли подразделяют на неорганическую, органическую и смешанную. Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, цементная, асбестовая, силикатная и др.), металлической (свинцовая, медная, цинковая, железная и др.), содержать оксиды и соли металлов и металлоидов, смесь различных соединений в твёрдом виде.

Органическая пыль может быть животного, растительного происхождения (шерстяная, костная, древесная, хлопковая, чайная, сахарная и др.) или синтезированной из различных соединений (искусственная – пыль пластификаторов, красителей, смол и др.), быть носителем микроорганизмов, клещей.

По способу образования различают аэрозоль дезинтеграции (при механическом измельчении твёрдых материалов) и аэрозоль конденсации (при испарении и последующей конденсации в воздухе паров металлов и неметаллов). Считается, что аэрозоли конденсации имеют размеры от 0,001 до 10 мкм, аэрозоли дезинтеграции – от 0,1 до 100 мкм.

По дисперсности пыль классифицируют на видимую (размеры пылевых частиц более 10 мкм), микроскопическую (размеры от 10 до 0,25 мкм), ультрамикроскопическую (размеры

менее 0,25 мкм). Как правило, частицы пыли с размером 10 мкм и более составляют около 10%, от 2 до 9 мкм – 15–20% и менее 2 мкм – 60–80%, причём масса пылевых частиц размером менее 2 мкм не превышает 1–2% общей массы пыли, витающей в воздухе.

По химическому составу пыль подразделяют на ядовитую, неядовитую, радиоактивную, пневмокониозную, взрывчатую. Токсическими свойствами обладает пыль, содержащая в своём составе элементы: Be, Pb, Hg, P, Cr, Cd, As, Mn, Co, Ni, Cu др. Наибольшую опасность из неядовитых пылей для здоровья человека представляет пыль, содержащая свободную двуокись кремния SiO<sub>2</sub>.

## **5.2 Действие на организм**

Качество воздуха в помещениях, его воздействие на организм человека в значительной мере обусловлены содержанием в нём взвешенных частиц и, главным образом, пыли. Присутствие в воздухе пыли самым непосредственным образом отражается на здоровье человека, находящегося в производственном помещении. Пыль технологического происхождения, в том числе пыль пищевых производств, характеризуется большим разнообразием по всем основным свойствам: химическому составу, размеру частиц, их форме, характеру краёв частиц, плотности и так далее. Соответственно очень разнообразно воздействие пыли на организм человека. Пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение дыхательных органов острыми краями пыли), химического (отравление, интоксикация, накопление) и бактериологического (проникновение в организм вместе с пылью болезнетворных бактерий).

Пылевые частицы размером 5 мкм и меньше способны проникать глубоко в лёгкие, вплоть до альвеол. Пылинки размером 5–10 мкм в основном задерживаются в верхних дыхательных путях и в бронхах, а в лёгкие попадают в небольшом количестве. Частицы размером более 10 мкм почти не проникают в лёгкие, задерживаясь в верхних дыхательных путях, и обычно довольно быстро осаждаются.

Заболевания, связанные с вдыханием определённых видов пыли вызывает профессиональные поражения в форме пневмо-

кониозов и пылевых бронхитов. Эти виды пыли условно были выделены в особую группу – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД). На основании сведений об этиологии, патогенезе, рентгенологических и морфологических данных разработана классификация пневмокониозов, которая условно выделяет три их этиологические группы.

К первой относятся пневмокониозы, развивающиеся от воздействия высоко- и умеренно фиброгенной пыли с содержанием свободного диоксида кремния более 10% (силикоз, антракосиликоз, силикосидероз, силикосиликатоз и др.). Эти пневмокониозы характеризуются прогрессирующим процессом фиброза, часты осложнения в форме туберкулезной инфекции.

Вторая группа – пневмокониозы, развивающиеся от воздействия слабофиброгенной пыли, для которой характерно меньшее содержание диоксида кремния – менее 10% или его отсутствие (асбестоз, талькоз, каолиноз, оливиноз, нефелиноз, карбокониоз (антракоз), графитоз, сидероз, марганокониоз и др.).

Третья группа – пневмокониозы, развивающиеся от воздействия аэрозолей токсико-аллергического действия (бериллиоз, алюминоз, пневмониты: от пыли редкоземельных сплавов, металлов, пыли пластмасс, полимерных смол, органической пыли).

Пневмокониозы развиваются при длительной работе (от 5 до 20 лет) в условиях повышенной запылённости.

Из неспецифических заболеваний, вызываемых воздействием производственной пыли можно выделить пневмонии (пыль марганца.), пылевые бронхиты, бронхиальную астму (мучная, древесная пыль), поражения слизистой носа и носоглотки (пыль цемента, хрома), аллергии, конъюнктивиты, поражения кожи – угри, изъязвления, экземы, дерматиты и др. Некоторые пыли (асбест, хром) представляют канцерогенную опасность.

Действие пыли могут усугублять тяжелый физический труд, охлаждение, некоторые токсичные газы ( $SO_3$ ), приводящие при комбинированном влиянии к более быстрому возникновению и усилению тяжести пневмокониоза.

### **5.3 Гигиеническое нормирование**

Гигиеническое нормирование – основа проведения мероприятий по борьбе с пылью. В России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе, соблюдение которых при работе длительностью не более 8 ч в день в течение всего трудового стажа не приводит у работающих к заболеваниям или отклонениям в состоянии здоровья.

Нормирование АПФД в воздухе осуществляется по гравиметрическому показателю – по массе вещества, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Гравиметрический метод измерения концентрации пыли реализуется путём осаждения частиц на фильтре из протягиваемого через него воздуха.

В соответствии с ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ПДК веществ, относящихся к АПФД, являются среднесменными (ПДК<sub>сс</sub>). АПФД контролируют по среднесменным концентрациям (С<sub>сс</sub>, мг/м<sup>3</sup>). С<sub>сс</sub> – концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб в зоне дыхания работающих при основных технологических операциях. Зона дыхания – пространство в радиусе до 50 см от лица работающего.

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют в соответствии с Р2.2.2006–05, исходя из фактических величин С<sub>сс</sub> АПФД и кратности превышения ПДК<sub>сс</sub>.

В санитарно–гигиеническом законодательстве (Р 2.2.2006–05) закреплено представление о значимости пылевых нагрузок на органы дыхания, как суммарных экспозиционных дозах пыли за весь период профессионального контакта. Пылевая нагрузка рассчитывается как произведение среднесменной концентрации пыли, индекса объёма лёгочной вентиляции в зависимости от тяжести работ, числа рабочих смен в году и общего числа лет работы в контакте с пылью.

### **5.4 Профилактические мероприятия**

Основными мероприятиями по снижению запылённости воздуха производственных помещений являются: изменение технологии производства, автоматизация труда, рациональное

размещение санитарно–технических устройств, устройство системы аспирации с последующей пылеочисткой, увлажнение сырья, механическая местная вытяжная вентиляция, влажная уборка. Если нет возможности снизить запылённость воздуха в рабочей зоне до допустимых пределов, необходимо применять СИЗ – респираторы, шлемы, защитные очки, скафандры с подачей чистого воздуха, противопылевая одежда, защитные мази и пасты. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях.

Лечебно–профилактические мероприятия включают предварительный и периодический медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. Сроки проведения периодических медицинских осмотров зависят от вида производства, профессии, уровня содержания диоксида кремния в пыли.

Противопоказаниями для приема на работу в условиях возможного пылевого воздействия являются туберкулез лёгких, хронические заболевания органов дыхания, сердечно–сосудистой системы, глаз, кожи.

Система лечебно–профилактических мероприятий включает ингалятории, фотарии, санатории–профилактории.

### ***Контрольные вопросы***

1 Эколого–гигиеническое, экономическое и технологическое значение пыли. Источники и способы пылеобразования.

2 Классификация пыли по происхождению, дисперсности, способу образования.

3 Физические и химические свойства пыли и их гигиеническое значение.

4 Действие пыли на организм. Механизм элиминации.

5 Понятие об аэрозолях преимущественно фиброгенного действия (АПФД); принципы гигиенического нормирования различных видов пыли.

6 Методы исследования запыленности воздуха на производстве. Методы и средства борьбы с пылью в производственных условиях.

***Литература*** [36, 39, 40, 43, 44, 45, 47, 49, 50].

## **Лекция 6 Промышленная вентиляция**

### **6.1 Общие сведения**

Производственные процессы, как правило, сопровожда-

ются выделением вредных агентов в виде тепла, влаги, паров, пыли, токсических газов. Распространяясь по помещению, они приводят к изменению состава и состояния воздушной среды, что, в свою очередь, может вызвать отклонения в состоянии здоровья работающих, а также неблагоприятно повлиять на производительность труда.

Если меры технологического, строительного и организационного характера не могут обеспечить нужных условий труда, тогда для создания нормативных санитарно-гигиенических условий на рабочих местах используют вентиляцию. Она призвана обеспечивать в обслуживаемой ею рабочей зоне помещений допустимые (комфортные) метеорологические условия и чистоту воздуха в целях поддержания нормального самочувствия рабочих и повышения их работоспособности.

На ряде предприятий (текстильных, табачных, кондитерских фабрик и др.) производственная вентиляция обеспечивает также заданные условия воздушной среды, в частности, необходимую по технологическим параметрам влажность воздуха в помещении.

По способу побуждения воздуха вентиляция разделяется на естественную и механическую (искусственную). Возможна смешанная вентиляция, т.е. сочетание вентиляции естественной и механической.

Естественная вентиляция может осуществляться, во-первых, за счёт разности температур воздуха в помещении и вне его, что приводит к разности плотностей наружного и внутреннего воздуха и созданию давления, называемого «тепловым напором».

Во-вторых, если воздух поступает в помещение под воздействием ветра (через проёмы, неплотности и поры в стенах), то в этом случае говорят о действии «ветрового напора».

Формы естественной вентиляции – инфильтрация (неорганизованное проникновение наружного воздуха через неплотности, щели в оконных рамах, световых фонарях, поры в стенах), проветривание (частично регулируемое поступление воздуха через окна, фрамуги) и аэрация (осуществляемая при действии теплового и ветрового напоров).

Механическая вентиляция осуществляется за счёт работы

специальных механических установок – вентиляторов или эжекторов (механических побудителей движения воздуха), способствующих нагнетанию или извлечению воздуха. Она организуется, если метеорологические условия и чистота воздуха в помещениях не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением.

По функциональному признаку вентиляцию делят на приточную, осуществляющую подачу чистого воздуха в помещение, вытяжную, предназначенную для удаления загрязненного воздуха, и приточно–вытяжную.

По форме организации воздухообмена различают вентиляцию общую, точнее – общеобменную (с рассеянной или сосредоточенной подачей или удалением воздуха из всего объема помещения), местную и зональную.

## **6.2 Естественная вентиляция**

Такие виды естественной вентиляции, как инфильтрация и проветривание способны в очень малой степени способствовать обмену воздуха в производственных помещениях. Так, инфильтрация может обеспечить лишь двукратный обмен воздуха, проветривание – несколько больше.

Правильно же спроектированная и организованная аэрация может довести воздухообмен до сотен тысяч кубометров в час.

Аэрация – организованная управляемая вентиляция – осуществляется в результате теплового или ветрового напора при их одновременном или раздельном действии.

Использование аэрации эффективно в горячих цехах предприятий таких промышленных отраслей как металлургия, машиностроение и др., где имеются источники интенсивного тепловыделения (сталеплавильные, прокатные, электродуговые, закалочные печи, нагревательные горны и т.д.) и в связи с этим в воздух выделяется большое количество тепла. Разность температур наружного и внутреннего воздуха приводит к разности его плотности. Поэтому тепловой напор тем сильнее, чем больше разница температур вне и внутри цеха.

Наружный воздух проникает в здание через оконные окна, смешивается с нагретым внутренним воздухом и устремляется вверх – к аэрационным фонарям.



Действие ветрового напора обусловлено непосредственным давлением ветра на здание. Через открытые на наветренной стороне окна (летом на обоих уровнях, зимой – только через верхний ряд) наружный воздух проникает внутрь цеха. С подветренной стороны ветер, обтекая здание, создает отрицательное воздушное давление, чем обеспечивается эффективное поступление воздуха через аэрационные фонари. Для предотвращения задувания через фонари обратно в цех выбрасываемого из помещения воздуха устраиваются так называемые «незадуваемые фонари» с ветроотбойными щитами.

Аэрация организуется, как правило, в одноэтажных отдельно стоящих зданиях. Допускается размещение аэрируемых цехов в верхних этажах многоэтажных зданий.

Аэрируемое здание должно быть свободно по периметру, при этом разрешается пристройка не более 40% протяженности продольных стен.

Чем больше высота цеха, тем лучше воздушная тяга и тем больше эффективность аэрации.

При аэрации осуществляются большие воздухообмены, она является экономичной, так как не требует затрат электроэнергии. В то же время она значительно сложнее в управлении, так как зависит от погодных условий, ветрового и теплового напоров. Воздух перед выбросом в атмосферу не обрабатывается, т.е. не очищается от вредных примесей.

При наличии в приточном воздухе пыли и вредных веществ в концентрациях, превышающих 30% их ПДК, аэрация не применяется.

Аэрация относится к общеобменной системе вентиляции, однако одновременно с ней возможно применение местных отсосов, а также подача свежего воздуха непосредственно к рабочим местам средствами механической вентиляции.

Аэрационные фонари и оконные проемы следует рационально располагать и снабжать специальными механизмами для быстрого и удобного их регулирования, а площади фонарей и окон должны быть достаточными для организации эффективного воздухообмена.

### **6.3 Механическая вентиляция**

Предназначением механической вентиляции является

полное удаление загрязнителей воздушной среды из рабочего помещения для дальнейшего их улавливания. При общеобменной вентиляции необходимый воздухообмен достигается подачей чистого воздуха в количестве, обеспечивающем разбавление вредностей, выделяющихся равномерно по всему помещению, до допустимых концентраций, или ассимиляцию тепла. При механической вентиляции можно производить обработку воздуха (охлаждение, нагревание, увлажнение, улавливание пыли, вредных газов), поступающего и удаляемого из производственного помещения.

Подача и извлечение воздуха производится при помощи вентиляторов или эжекторов за счёт использования механической энергии, электродвигателей, нагнетающих или извлекающих воздух из помещения.

Если по технологическим особенностям производства невозможно создать глухие укрытия, то вредность удаляется через пылегазоприемники, которые устанавливаются вблизи источника вредностей. Вентиляцию, при которой организованы приток и вытяжка воздуха, называют приточно–вытяжной.

Механическая вентиляция представляет собой сложную схему, включающая средства побуждения движения воздуха (вентиляторы), воздуховоды, устройства очистки воздуха от пыли, устройства для нагревания или охлаждения, осушения или увлажнения воздуха, воздухозаборные и распределительные устройства.

Приточная механическая вентиляция подает воздух, распределяя его по всему помещению равномерно (общая приточная вентиляция) или в определенные места (местная приточная вентиляция). Данный вид вентиляции служит для разбавления воздуха и доведения параметров микроклимата (температуры, относительной влажности), пыли, вредных газов до гигиенических нормативов. Приточный воздух подается в помещение, как правило, с постоянным пребыванием людей.

Забор приточного воздуха осуществляется через шахту или отверстия в стене здания. Воздухозаборные устройства должны быть защищены от атмосферных осадков, попадания посторонних примесей и т.д. и снабжены жалюзийными решетками. Они располагаются на расстоянии не менее 10 м по гори-

зонтели от устройств для выброса загрязненного производственного воздуха в атмосферу (при меньшем горизонтальном расстоянии между ними оно должно составлять 6 м по вертикали) и обязательно с наветренной стороны по отношению к нему в наименее загрязненной зоне.

Во избежание попадания пыли приёмные отверстия размещают на высоте от 1 м от уровня устойчивого снежного покрова, но не ниже 2 м от уровня земли.

Воздух при поступлении в помещение в холодный период должен нагреваться и иногда увлажняться, в тёплый - охлаждаться. Нагревание воздуха происходит в калориферах. Воздух проходит между устройствами, заполненными паром или горячей водой. Изменяя их количество, можно изменять температуру подаваемого воздуха. Температуру нагрева воздуха можно также регулировать за счет подмешивания неподогретого холодного воздуха через обводной канал к воздуху кондиционера.

Увлажнение воздуха происходит путем пропускания его через водораспылители или через пар. Охлаждение воздуха в летнее время достигается путем распыления воды (иногда охлажденной) в проходящем воздухе (при этом тепло отнимается от воздуха, и он охлаждается) или пропусканием воздуха через калорифер (сухой охладитель), по системе которого проходит охлажденная вода.

Передвижение воздуха в механической приточной и вытяжной вентиляции осуществляется при помощи центробежных и осевых вентиляторов.

Вентиляторы устанавливают после осаждающих, промывных и других камер. Они должны иметь мощность, которая позволяет производить перемещение требуемых объемов воздуха во всем помещении.

Воздуховоды проектируются, как правило, круглого сечения. При технико-экономическом обосновании используются воздуховоды поперечного и других видов сечений.

Для предотвращения (при пожаре) проникновения продуктов горения (дыма) в производственные помещения на воздуховодах общеобменной системы вентиляции устанавливаются огнезадерживающие клапаны, воздушные затворы, обратные клапаны (для защиты от перетекания вредных веществ 1- или 2-

го классов опасности из одного помещения в другое при неработающей вентиляции).

При невозможности (по техническим причинам) установить клапаны или воздушные затворы в каждом помещении предусматривают отдельные системы. Не следует объединять воздуховоды из разных помещений в одну систему.

Для удаления взрыво- и пожароопасных смесей на каждом сборном воздуховоде (системы местных отсосов) устраиваются огнезадерживающие клапаны на расстоянии не более 1 м от ближайшего к вентилятору отверстия.

Если зона чистого воздуха создается только на рабочем месте или группе мест, такую вентиляцию называют местной. При ее устройстве чистый воздух подается в зону дыхания рабочего, удаляется загрязненный воздух из мест, ближайших к зоне вредных выделений.

Для местной приточной вентиляции характерно устройство «воздушных души», «оазисов» чистого воздуха, специальных камер, укрытий и т.д.

Воздушное душирование применяется при интенсивном тепловом облучении рабочего места. Оно облегчает отдачу тепла организмом за счет усиления конвекции и более эффективно испарения пота с поверхности тела. Воздушный поток определенной температуры и скорости направлен непосредственно на рабочее место. Воздушные души используются для уменьшения действия лучистого тепла и снижения температуры воздуха на рабочем месте. При действии лучистого тепла наиболее рационально направление действия струи на всю поверхность тела.

Воздушные души применяются, например, в мартеновских, прокатных, литейных (выпуск металла, разливка, выбивка), термических (закалка, отжиг) и других цехах, на стекольных заводах (при обслуживании печей).

Воздушные и воздушно-тепловые завесы организуются у открытых проемов в наружных стенах, у ворот, не имеющих тамбуров и открывающихся более пяти раз или не менее чем на 40 мин в смену, в районах с расчетной температурой наружного воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  и ниже, у технологических проемов отапливаемых зданий и сооружений и др. Через специальные воздуховоды

с щелью под определенным углом со скоростью 10–15 м/с подаётся воздух к воротам навстречу входящему холодному потоку и смешивается с ним. Завесы бывают двух типов: воздушные с подачей воздуха без подогрева и воздушно–тепловые с подогревом подаваемого воздуха в калориферах.

При воздушном оазисе происходит подача свежего воздуха в ограниченное пространство с небольшой скоростью и температурой более низкой, чем в помещении. Воздушный оазис организуется при образовании излучения с большой поверхности небольшой интенсивности, например, турбогенератор в машинных залах электростанций.

Зональная вентиляция используется в помещениях большого объёма, при которой подача воздуха происходит закрученными струями через воздухораспределители.

Для удаления вредных выделяющихся в определённых местах, применяются местная вытяжная или локализирующая вентиляция, которые не позволят им распространяться по производственному помещению. Устройство местной вытяжной вентиляции делают в виде укрытий или местных отсосов, например, вытяжные шкафы, зонты, всасывающие панели, бортовые или кольцевые отсосы.

Она более экономична, чем общеобменная вентиляция, при ней используются меньшие объёмы воздуха. Объём воздуха, извлекаемого из–под укрытий, должен обеспечить полное удаление газов, паров.

Вытяжные шкафы используют при термической и гальванической обработке металлов, окраске, развеске и расфасовке сыпучих материалов, связанных с выделением вредных газов и токсических паров. Скорость всасывания в рабочих отверстиях вытяжных шкафов создается от 0,3 до 1 м/с и зависит от вида выделений. Чем меньше ПДК, тем больше скорость всасывания.

Защитно–обеспыливающие кожухи являются открытыми отсосами, которыми укрывают дробильные сита, шлифовальные, наждачные круги, обдирочные, полировальные, заточные станки. Образующиеся при их работе пыль и газы удаляют через вытяжную вентиляцию.

Бортовые отсосы устраивают для удаления газов, паров (кислот, щелочей), выделяющихся с открытых поверхностей

правильных ванн при электролизе и другого подобного оборудования, при меднении, серебрении, цианировании, хромировании и др.

Бортовые отсосы устраивают, когда укрытия источников выделения газов и паров затрудняют наблюдение за процессом производства или препятствует обслуживанию оборудования (загрузка, выгрузка ванн с помощью подъемных механизмов). Открытые всасывающие воздухоприемники должны быть расположены в непосредственной близости к источнику выделения.

Вытяжные зонты – устройства, которые могут использоваться над кузнечными горнами, печами, горячими ваннами. Они применяются для локализации вредных веществ, поднимающихся вверх, при тепло- и влаговыведениях. Для повышения эффективности отсасывания зонт снабжается откидными фартуками. Зонты, установленные над дверцами печей, сушилок, называют козырьками. Вылет козырька должен быть не меньше высоты дверцы, над которой он установлен. Форма зонта соответствует форме обслуживаемой поверхности. Размеры зонта должны быть больше обслуживаемой поверхности (для полного засасывания вредных газов и паров).

Всасывающие панели применяются при газовой сварке, пайке и т.д., когда применение вытяжных зонтов недопустимо при условии попадания вредных веществ в органы дыхания.

В производстве распространены следующие виды общеобменной вентиляции: локальная; зональная при подаче воздуха закрученными струями; прямоточная локальная общеобменная вентиляция.

При локальной вентиляции одновременно действует приточная и вытяжная системы. Локальная вентиляция наиболее эффективна при борьбе с газовыми вредностями, ее можно применять на участках, где сосредоточено оборудование, являющееся источником выделения этих вредностей, а также тепла или пара, например, варочные отделения, участки печей. Место образования вредностей отделяется потолочной ширмой от основного производственного помещения, из-под которой удаляется воздух; от пола ширма находится на расстоянии не менее 2 м.

Прямоточная вентиляция используется наиболее часто при выделении газов, тепла или пара (участок печей, варочных

котлов), а также в помещениях, где используются местные отсосы. Рабочие находятся в зоне движения чистого воздуха, который подается сверху вниз или горизонтально через всю площадь потока и удаляется из нижней зоны. Происходит отклонение вредных газов от зоны дыхания к низу и в сторону, а также уменьшается возможность попадания вредности из местных отсосов в помещение.

Известно, что если воздух подавать в рабочую зону помещения при выделении смеси газов (которые легче воздуха) и интенсивного тепловыделения, возникает двухзонная циркуляция с температурным перекрытием, вверху образуется зона с повышенным содержанием вредных примесей.

При рассмотрении схем организации воздухообмена особая роль принадлежит подаче воздуха в помещение.

При выделении тепла и газа в верхнюю зону поступают нагретые тяжелые и легкие газы, удаление отработавшего воздуха происходит из верхней зоны. При поступлении в воздух газов и пыли или если оборудование оснащено открытыми местными отсосами (зонты, бортовые отсосы), подача воздуха в нижнюю зону нецелесообразна. Подача воздуха в верхнюю зону допускается при незначительных тепловыделениях или при их отсутствии струями (горизонтальными или наклонными вниз; вертикальными, направленными сверху вниз).

При выделении пыли и газов, которые тяжелее воздуха, подача воздуха организуется в верхнюю зону. При большом количестве местных отсосов, при теплогазообразовании или удалении воздуха из нижней зоны, подача воздуха осуществляется в верхнюю зону.

С избытками тепла и влаги, с выделением пыли и тепла удаление воздуха организуется системами общеобменной вентиляции из верхней зоны помещения.

При выделении пыли и аэрозолей воздух удаляется из нижней зоны, загрязненный воздух нельзя направлять через зону дыхания рабочих.

Схема вентиляции с равномерно распределенным притоком воздуха на рабочем месте и с равномерной вытяжкой из нижней и верхней зон применяется для помещений, насыщенных оборудованием и трубопроводами. Если оборудование рав-

номерно распределено по помещению, подача воздуха организуется сосредоточенно в рабочую зону.

Если удаляемый воздух не содержит вредных веществ, возможен возврат в помещение части этого воздуха в смеси с наружным. В результате чего в холодный период года наружный воздух будет подогрет.

Механическая вентиляция может осуществляться с полным или частичным возмещением извлекаемого воздуха из помещения (рециркуляция). Рециркуляция используется в целях экономии тепла на подогревание (холодный период года) или охлаждение (теплый период года) приточного воздуха.

Удаляемый из помещения воздух подмешивается к поступающему воздуху, количество которого должно составлять не менее 20% от общего количества воздуха, подаваемого в помещение.

Рециркуляция воздуха не допускается при наличии в воздухе веществ 1 и 2 классов опасности, болезнетворных бактерий, аллергенов, вирусов и грибков (содержание которых превышает санитарные нормы), резко выраженных неприятных запахов. В то же время рециркуляция воздуха предусматривается при выделении вредных веществ 3 и 4 классов опасности, а также веществ 1 и 2 классов опасности, если они при расчете расхода приточного воздуха не являются определяющими.

Аварийную вентиляцию используют тогда, когда в результате аварии оборудования внезапно выделяется большое количество опасных вредных газообразных или горючих веществ.

Включение аварийной вентиляции и открывание проёмов для удаления воздуха следует проектировать дистанционным. Для аварийной вентиляции следует использовать основные и резервные системы общеобменной вентиляции и системы местных отсосов, обеспечивающие расход воздуха только с необходимой системы аварийной вентиляции, если использование основных и резервных систем невозможно или нецелесообразно.

Для удаления поступающих в помещение газов, паров системами аварийной вентиляции вытяжные устройства размещают в рабочей или верхней зонах, если плотность поступающих газов и паров больше или соответственно меньше плотности



воздуха в рабочей зоне.

Количество наружного воздуха, поступающего в помещение на одного работающего, должно составлять: при объёме помещения менее  $20 \text{ м}^3 - 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; при объёме помещения более  $20 \text{ м}^3 - 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; при объёме помещения более  $40 \text{ м}^3$  (при отсутствии вредных веществ) – допускается устраивать проветривание; в помещениях без естественной вентиляции –  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Количество воздуха, необходимое для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне, определяют по избыткам явного тепла в помещениях с тепловыделениями и по избыткам явного тепла, влаги и скрытого тепла в помещениях с тепло- и влаговыведениями, по токсическому веществу в помещениях с концентрациями вредных веществ, превышающих их ПДК.

Иногда допускается организация воздухообмена с преобладанием приточного или вытяжного воздуха в общем балансе. Например, для предупреждения образования тумана и конденсата в холодное время года в помещениях с влаговыведениями создается положительный воздушный баланс, т.е. поддерживается избыточное давление по отношению к атмосферному. Отрицательный воздушный баланс с незначительным преобладанием вытяжки над притоком создается в одном из смежных помещений – в том, где выделяются токсические вещества, для предотвращения их поступления в соседние помещения.

Для организации воздухообмена в производственных помещениях рекомендуются рациональные схемы вентиляции с учетом имеющихся вредностей, источников их выделения, расстановки оборудования и других факторов.

При выборе схемы общеобменной вентиляции необходимо учитывать следующие моменты:

- характер и выраженность факторов производственной среды с выделением и без выделения пыли, со значительными и незначительными тепло- и влаговыведениями;
- способ подачи воздуха: сосредоточенный или равномерно распределенный;
- зону подачи воздуха (рабочая, т.е. постоянные места) по высоте помещения;
- направление подачи воздуха струями (вертикальными,

направленными сверху вниз, горизонтальными или наклонными вниз);

– высоту установки воздуховодов.

#### **6.4 Санитарный надзор за вентиляцией**

Контроль осуществляется за состоянием воздушной среды в рабочей зоне при измерении следующих параметров: температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, интенсивности теплового облучения и работы вентиляционных систем (по ряду параметров вентиляции), скорости и температуры воздушных потоков, производительности, развиваемом давлении и числом оборотов вентилятора, разности давлений или разрежений, концентрации вредных веществ в приточном воздухе, шуме и вибрации элементов вибрационных систем и др.

Замеренные параметры воздушной среды сравниваются с действующими нормами.

Отбор проб для определения концентрации вредных веществ производится в зоне дыхания работающих.

При измерении параметров микроклимата точки измерения располагаются равномерно по цеху при равномерном распределении источников тепловыделений. При неравномерном распределении источников тепловыделений площадь разбивается на участки («холодные» и «горячие») с различной теплонапряжённостью в рабочей зоне каждого участка (площадью не более 150 м<sup>2</sup>), после чего производятся замеры.

Продолжительность одного дневного наблюдения при односменной работе и постоянном технологическом процессе составляет всю первую половину рабочего дня (теплое время года). При многосменной работе измерение, независимо от периода года, производится в течение суток. В кондиционируемых помещениях измерения проводят не менее одного дня с определением параметров 3 раза в день.

При оценке санитарно-гигиенической эффективности механической вентиляции производственного помещения проверяют соответствие технологического процесса регламенту, исправность технологического оборудования, вентиляционные системы и их элементы, отсутствие повреждений в сети воздуховодов, посторонних шумов. Выявленные недостатки устраняют-

ся.

Следующий этап – определение измерения параметров микроклимата и содержания вредных веществ в воздухе рабочих помещений.

При соответствии выше перечисленных параметров санитарным нормам механическая вентиляция данного производственного помещения считается эффективной.

Если параметры воздушной среды отклонены от нормируемых величин, приступают к инструментальному определению параметров вентиляции, которые сопоставляются с проектными величинами вентиляции. При несовпадении параметров воздушной среды с нормативными величинами, данная система вентиляции оценивается как неудовлетворительная.

При несовпадении фактических значений параметров вентиляции с проектными представитель службы санитарного надзора составляет предписание о доведении параметров вентиляции до проектных значений с указанием сроков выполнения.

Фактическая кратность воздухообмена при работе механической вентиляции измеряется производительностью всех приточных и всех вытяжных систем, обслуживающих данное помещение.

При использовании нескольких разнотипных местных отсосов от различных видов оборудования контролю подвергаются отсосы для удаления наиболее токсичных веществ или выделяющие наибольшее количество вредных веществ.

При наличии однотипных местных отсосов контролируется не менее 10% общего количества одинаковых местных отсосов. Если эти отсосы объединены в общую вентиляционную систему, контролируются крайние и средние отсосы одной системы.

Фоновые концентрации определяют у местного отсоса и в приточном воздухе. Средняя величина фоновой концентрации вычитается из концентрации примеси у местных отсосов. При превышении фоновой концентрации более чем на 30% над предельно допустимой концентрацией, оценка эффективности местного отсоса недопустима.

### ***Контрольные вопросы***

1 Значение и место вентиляции в системе оздоровитель-

ных мероприятий.

2 Промышленная вентиляция. Классификация. Принципы устройства вентиляции для борьбы с производственными вредностями.

3 Естественная вентиляция. Назначение, устройство, санитарный контроль за её работой.

4 Понятие об искусственной вентиляции. Преимущества и недостатки. Классификация. Гигиенические требования к промышленной вентиляции.

5 Что вкладывается в понятие «проверка эффективности работы действующей вентиляционной установки»?

6 Оценка производительности вентиляции.

7 Способы очистки вентиляционного воздуха от пыли и газов.

8 Мероприятия по улучшению работы вентиляционных установок.

*Литература* [4, 10, 29, 31, 43, 44, 45, 47, 49].

## **Лекция 7 Освещение**

### **7.1 Общие сведения**

Освещение – использование световой энергии Солнца и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Восприятие света является важнейшим элементом нашей способности действовать, поскольку позволяет оценивать местонахождение, форму и цвет окружающих нас предметов.

Все окружающие нас тела и предметы делятся на светящиеся и несветящиеся. Светящиеся природные и искусственно созданные тела испускают электромагнитные излучения с различными длинами волн, но поскольку излучения с длиной волны от 3880 до 780 нм вызывают у человека ощущение света и цвета. Поэтому светом называют характеристику светового стимула, создающего определённое зрительное ощущение, а излучения указанного диапазона длин волн – видимым участком спектра. При действии на глаз излучений с длиной волны меньше 380 нм (инфракрасное излучение) и больше 780 нм (ультрафиолетовое излучение) световых и цветовых ощущений не возникает.

Свет является адекватным раздражителем зрительного анализатора, через который поступает до 90 % информации об окружающем нас мире.

Все излучения делятся на два типа: монохроматические и сложные. Монохроматическое излучение – излучения какой-либо одной длины волны. Сложные излучения состоят из нескольких монохроматических, вплоть до всех излучений видимого участка спектра.

Если тело испускает световой поток, содержащий все излучения от 380 до 760 нм с одинаковой мощностью этих излучений, то цвет этого излучения воспринимается как белый. Глаз человека различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Относительная чувствительность глаза к излучению видимой области спектра и соответствующие им ощущения цвета следующие: фиолетовый 380–455 , синий 455–470 , голубой 470–500 , зелёный 500–540 , жёлтый 540–590 , оранжевый 590–610, красный 610–770 нм. Наибольшая чувствительность органов зрения человека приходится на излучение с длиной волны 555 нм (жёлто-зелёный цвет).

Все цвета делятся на две группы: ахроматические и хроматические. К ахроматическим относятся белые, серые и чёрные цвета. Все остальные цвета являются хроматическими.

Освещение является одним из важнейших элементов условий труда. Рациональное производственное освещение, создаваемое естественными или искусственными источниками света, призвано решить ряд вопросов, главными из которых являются следующие: улучшение условий зрительной работы, снижение утомляемости, повышение производительности труда и качества продукции, повышение безопасности труда и снижение травматизма на производстве.

В производственных условиях используется три вида освещения: естественное (источник – Солнце), искусственное и совмещённое (одновременное сочетание естественного и искусственного).

Естественное освещение по конструктивному исполнению делится на:

- боковое (через световые проёмы в наружных стенах);
- верхнее (через световые фонари, световые проёмы в сте-

нах в местах перепада высот здания);

- комбинированное (сочетание верхнего и бокового).

Искусственное освещение по конструктивному исполнению делится на:

- общее (равномерное, локализованное);

- комбинированное (общее + местное).

При общей системе освещения светильники располагаются в верхней потолочной зоне. При этом они могут находиться на одинаковом расстоянии друг от друга и от стен (равномерное освещение) или ближе к местам расположения оборудования (локализованное).

Местное – это освещение дополнительно к общему конкретного рабочего места. Применение одного местного освещения не допускается.

Искусственное освещение по функциональному назначению делится на: рабочее; охранное; дежурное; аварийное (эвакуационное и резервное).

Охранное освещение предусматривается вдоль границ охраняемых территорий в ночное время. Освещённость должна быть не менее 0,5 лк на уровне земли.

Дежурное освещение – освещение в нерабочее время производственных помещений. Область применения, величины освещённости, равномерность и требования к качеству не нормируются.

Резервное – в случае внезапного отключения рабочего освещения и связанного с этим нарушение норм обслуживания оборудования могут вызвать травмы, отравления людей, взрыв, пожар. Освещённость должна быть не менее 2 лк.

Эвакуационное освещение – освещение для эвакуации людей из помещений при аварийном отключении нормального освещения. Его следует предусматривать: в местах опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих участками путей эвакуации людей при числе эвакуирующихся более 50 человек; по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек; в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования; в про-

изводственных помещениях без естественного света.

Условно к производственному освещению относят бактерицидное и эритемное излучение. Бактерицидное излучение (освещение) создаётся для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи с  $\lambda=0,254 - 0,257$  мкм.

Эритемное облучение создаётся там, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Лучи стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание.

## **7.2 Светотехнические понятия и единицы. Физиологические методы оценки зрительного анализатора**

Свет характеризуют определённые понятия и единицы.

**Световой поток ( $\Phi$ )** – поток лучистой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению, характеризует мощность светового излучения. Единица светового потока – люмен (лм) – световой поток, излучаемый точечным источником в телесном угле в 1 стерадиан (ср) при силе света, равной 1 канделе (кд).

**Сила света ( $I$ )** – пространственная плотность светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла (стерадиана), характеризует пространственную плотность светового потока в определённом направлении. Единица силы света – кандела (кд) – сила света, излучаемая в перпендикулярном направлении абсолютно чёрным телом с площади  $1/600000$  м<sup>2</sup> при температуре затвердевания платины и давлении 101 кПа.

**Яркость ( $B$ )** – поверхностная плотность силы света в данном направлении – равна отношению силы света к площади проекции светящей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению. Единица яркости – кандела на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>) – яркость равномерно светящей плоской поверхности, излучающей в перпендикулярном направлении с каждого квадратного метра силу света, равную одной канделе. Яркость – световая величина, на которую непосредственно реагирует глаз человека.

**Освещённость ( $E$ )** – поверхностная плотность светового потока, падающего на поверхность – равна отношению светового потока, падающего на элемент поверхности, к площади освещённого элемента.

щаемой поверхности. Единица освещённости – люкс (лк) – освещённость поверхности площадью 1 квадратный при световом потоке падающего на него излучения, равном 1 люмен (лм).

Важной характеристикой, от которой зависит требуемая освещённость на рабочем месте, является **размер объекта различения** – минимальный размер наблюдаемого объекта (предмета), отдельной его части или дефекта, которые необходимо различать при выполнении работы.

Одной из характеристик зрительной работы является **фон** – поверхность, на которой рассматривается объект различения. Фон характеризуется способностью отражать падающий на неё свет. Отражательная способность определяется коэффициентом отражения –  $\rho$ . В зависимости от света и фактуры поверхности значения  $\rho$  изменяются в широких пределах. Фон считается светлым при  $\rho > 0,4$ ; средним  $0,2 \leq \rho \leq 0,4$  и тёмным  $\rho < 0,2$ .

Чтобы объект был хорошо виден, яркости объекта  $B_o$  и фона  $B_\phi$  должны различаться. Разница между яркостями  $B_o$  и  $B_\phi$ , отнесённая к яркости фона  $B_\phi$ , называется **контрастом**. Величина контраста берётся по модулю. Контраст считается большим при  $K > 0,5$ ; средним  $0,5 \leq K \leq 0,2$  и малым  $K < 0,2$ .

К функциям зрения, особенно необходимым для безопасности и результативности труда, относятся: острота зрения, контрастная чувствительность, быстрота различения объекта, пропускная способность зрительного анализатора, цветовая чувствительность и др.

**Острота зрения** определяется способностью глаза видеть форму предмета, его очертания, размер, отдельные детали. Острота зрения определяется тем минимальным угловым размером объекта, при котором глаз еще в состоянии различать объект при заданных яркости фона и порога контрастной чувствительности. Этот минимальный угловой размер называют разрешающим углом зрения – чем он меньше, тем больше острота зрения. Нормальный глаз способен различать две точки, видимые под углом в  $1^0$ .

**Контрастная чувствительность** – это способность глаза различать разность яркости объекта и фона.

**Скорость различения** – интегральная функция глаза, позволяющая «сканировать» рассматриваемые предметы во



времени. Быстрота зрительного восприятия является важным показателем при выполнении многих производственных процессов, где необходим зрительный контроль. Данная функция (как и острота зрения) находится в прямой зависимости от величины освещённости и растёт с ростом освещённости.

**Пропускная способность зрительного анализатора** является интегральной функцией, учитывающей скорость зрительного восприятия, остроту зрения, время скрытого периода простой условно рефлекторной реакции на свет и др. Именно этот параметр позволяет со всей полнотой оценить функциональное состояние зрительного анализатора в течение дня, недели, года.

Определяется максимальное количество «полезной» информации, которое может быть воспринято глазом за определенный период времени. Единицей измерения информации является бит в секунду (бит/с).

Определённая роль при выполнении зрительной работы принадлежит такой зрительной функции как **цветоощущение**. Значение этой функции возрастает при выполнении производственных операций, связанных с необходимостью цветоразличения.

Для успешной зрительной работы в условиях изменчивости освещения большое значение имеет так называемая «зрительная адаптация». Процесс адаптации сопровождается фотохимическими и нервными процессами, перестройкой рецептивных полей в сетчатке глаза, изменением диаметра зрачка.

Существует несколько механизмов зрительной адаптации. Быстрая и не утомительная (световая) – это пупилломоторная адаптация, когда при оптимальных уровнях яркости поля зрения диаметр зрачка меняется от 2 до 8 мм. При этом перепады яркости в 10–15 раз будут глазом не заметны. При низких уровнях яркости зрительная адаптация (темновая) происходит за счёт ретиномоторных и биохимических процессов в сетчатке – длительных и весьма утомительных для глаза.

Работа при низких уровнях яркости приводит к снижению зрительной работоспособности и производительности труда.

### **7.3 Источники искусственного освещения**

**Источниками искусственного освещения** являются

лампы накаливания и газоразрядные лампы, различающиеся принципом генерирования света. От применяемого типа источников света зависит правильность цветопередачи. Правильный выбор цвета для рабочего места способствует повышению производительности труда, безопасности и общему самочувствию работников.

Источники света подразделяются на следующие три категории в зависимости от цвета света, который они излучают: «теплого» цвета: белый красноватый свет; промежуточного цвета: белый свет; «холодного» цвета: белый голубоватый свет.

В зависимости от тона цвета подразделяются на холодный или теплый. Для характеристики цвета излучения используется понятие цветовой температуры. Цветовая температура  $T_{\text{цв}}$  — это такая температура излучателя Планка (чёрного тела), при которой его излучение имеет такую же цветность, как и рассматриваемое излучение. В зависимости от их цветовой температуры цвета электрических ламп условно делят на три группы: белый дневного цвета с температурой около 6000 К; нейтральный белый — около 4000 К; тёплый белый — около 3000 К.

**Лампы накаливания** генерируют свет на принципе теплового нагрева. Видимое излучение возникает в результате нагрева тела нити лампы до температуры свечения, от которой и зависит спектральный состав света; в лампах накаливания это преимущественно оранжево–красная часть спектра. Цветовая температура ламп накаливания составляет 2800–3600 °К. В силу этого светящаяся нить лампы создает высокую яркость, превосходящую абсолютно слепящую. Кроме того, сами лампы становятся источником обогрева окружающего воздуха (70–80% приходится на долю теплового излучения), и лишь 5% потребляемой энергии превращается в свет.

**Газоразрядные лампы** генерируют свет на принципе люминесценции (люминесцентные лампы), при котором разные виды энергии – электрическая, химическая и др. превращаются в видимое излучение. Явление электролюминесценции используется в неоновых, аргоновых, ртутных, ксеноновых, натриевых и т.п. газоразрядных лампах.

Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

**Люминесцентная лампа низкого давления** имеет форму цилиндрической трубки, длина и диаметр которой определяют тип и мощность лампы. Цилиндр содержит небольшое количество ртути и газ (аргон, неон и т.д.), находящийся под давлением 3–4 мм рт. ст. Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора, который преобразует ультрафиолетовое излучение, возникающее при электрическом разряде в парах ртути, в видимое излучение, спектральная характеристика которого зависит от состава и способа приготовления люминофора. Выпускаются несколько типов люминесцентных ламп с цветовой температурой от 6500 до 3600 °К, генерирующих свет различного спектрального состава.

В зависимости от состава люминофора различают следующие основные типы люминесцентных ламп: ЛД – дневного света; ЛБ – белого света; ЛХБ – холодно-белого света; ЛТБ – тепло-белого света; ЛБЦТ – белого света с улучшенной цветопередачей; ЛЕ – близкие по спектру к солнечному свету и др.

Лампы ЛЕ и ЛДЦ используются в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к определению цвета, в остальных случаях – лампы ЛБ как более экономичные.

**К газоразрядным лампам высокого давления** относятся: ДРЛ – дуговые ртутные лампы с исправленной цветностью; ДКсТ – ксеноновые, ДНаТ – натриевые высокого давления, ДРИ – металлогалогенные.

Наибольшее применение находят лампы с исправленной цветностью с преимущественным излучением в красной части спектра; уровень светового потока у них значительно больше, чем у ламп люминесцентных и особенно ламп накаливания; они более удобны с эксплуатационной точки зрения; их применяют в высоких цехах металлургической, машиностроительной промышленности. Преимущества газоразрядных ламп:

- спектр излучения может быть приближен к солнечному;
- излучение рассеянного света без теней и бликов;
- обеспечение высокой светоотдачи (в 2 раза больше по сравнению с лампами накаливания при одинаковой мощности);
- экономичность по расходу энергии и сроку действия.

Недостатки люминесцентных ламп:

- эффективность эксплуатации при температурах воздуха

не ниже +12 °С;

- монотонный шум;
- искажение цветопередачи;
- наличие стробоскопического эффекта.

Качественные показатели освещения в производственных помещениях во многом определяются правильным выбором светильников, представляющих собой совокупность источников и осветительной арматуры. Основное назначение светильников – перераспределение светового потока источников света в требуемых для освещения направлениях, механическое крепление источников света и подводка к ним электроэнергии, а также защита ламп, оптических и электрических элементов от воздействия окружающей среды.

Различают светильники прямого света, которые более 80% светового потока направляют в нижнюю полусферу; светильники рассеянного света, излучающие световой поток в обе полусферы (одни 40–60% светового потока вниз, другие 60–80% вверх); светильники отраженного света, направляющие более 80% светового потока вверх, на потолок, а отражаемый от него свет вниз в рабочую зону.

Кроме перераспределения светового потока, применение светильников способствует защите глаз от слепящего действия источников света. Это достигается как обеспечением необходимого защитного угла, так и применением специальных затенителей из молочного, опалового или матированного стекла.

Существенной гигиенической характеристикой светильника является его способность противодействовать влиянию внешних факторов. По конструктивному исполнению светильники классифицируются по степени защиты от пыли, влаги, химически агрессивных веществ и изготавливаются в зависимости от их назначения герметичными из специальных материалов. Различают светильники открытые, закрытые, пыленепроницаемые (герметизированы от пыли), влагозащищенные (токоведущие провода изолированы влагостойкими материалами для корпуса, патрона), взрывозащищенные (предусматриваются меры по предупреждению образования искр) и для химически активной среды (используются не коррозируемые материалы).

#### **7.4 Влияние условий освещения на здоровье и работо-**

## **способность человека**

Освещение исключительно важно для человека. Свет – это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих нас предметов. Это один из важнейших элементов организации пространства и главный посредник между человеком и окружающим его миром.

Свет влияет на тонус центральной и периферической нервной системы, на обмен веществ в организме, его иммунные и аллергические реакции, на работоспособность и самочувствие человека. Низкие уровни освещённости вызывают апатию и сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны.

Неблагоприятная световая обстановка производственных помещений в сочетании с высокой зрительной нагрузкой (рассматривание мелких предметов на близком расстоянии) является причиной утомления зрительного анализатора, ведущей к снижению работоспособности, производительности труда и даже к развитию тех или иных дефектов зрения. Например, длительное выполнение точных зрительных работ на близком расстоянии при недостаточных уровнях видимой радиации, когда постоянно напрягаются мышцы хрусталика, может вести у рабочих некоторых профессий (часовщики, сборщики электронной аппаратуры и др.) к развитию так называемой ложной близорукости. Если работа продолжается в тех же условиях, то ложная близорукость может перейти в истинную близорукость, при которой происходит уже увеличение передне–заднего размера глазного яблока.

Неблагоприятные условия зрительной работы могут приводить также к раннему (до 40–летнего возраста) развитию старческой дальнозоркости, когда хрусталик теряет свою эластичность.

Выполнение зрительной работы при низких уровнях яркости приводит к снижению продуктивности зрения, т.е. к снижению производительности труда.

При выполнении зрительной работы высокой точности понижение уровня яркости по сравнению с абсолютным оптимумом на 20% приводит к снижению зрительной работоспособности и уменьшению производительности труда на 10%. Дальнейшее снижение яркости ведет к резкому падению производительности труда и вообще к невозможности осуществить данную зрительную работу.

При выполнении грубой зрительной работы снижение производительности на 10% наблюдается при яркости в 60 раз ниже абсолютно оптимального уровня, при которой мобилизуются процессы биохимической и ретиномоторной адаптации. Объекты большого размера могут быть различимы при весьма малой яркости, при этом, естественно, производительность труда снизится на 70–80%. При различных видах производственной деятельности число несчастных случаев, в той или иной мере связанных с освещенностью, в среднем составляет 30–50% от их общего количества. При грубых работах около 1,5% тяжелых травм со смертельным исходом происходит по причине низкой освещенности. Травматизм глаз при этих работах составляет от 7,8 до 31,1% от общего количества несчастных случаев, причём от 18 до 25% глазных травм связывают с неудовлетворительной освещенностью рабочих мест.

Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз, кератиты, катаракты и другие нарушения тканей.

### **7.5 Гигиеническое нормирование освещённости**

В настоящее время санитарные нормы (СанПиН) для производственного освещения отсутствуют. Существующий свод правил (СП) регламентирует естественное и искусственное освещение промышленных предприятий. Нормы носят общий межотраслевой характер.

Нормы искусственного освещения определяют тот мини-

мальный уровень видимой радиации в производственных помещениях, за пределами которого не исключается возможность уменьшения работоспособности зрительного анализатора и снижение производительности труда.

Величина нормируемой освещенности определяется исходя из отдельных характеристик рабочего процесса. Принято различать основные и дополнительные признаки зрительной работы.

К основным относятся: размер различаемого объекта (дефект изделия, штрих рисунка, буквы и др.), коэффициент отражения фона, контраст между объектом и фоном. Освещенность нормируется тем выше, чем меньше объект различения, темнее фон и меньше контраст объекта с фоном.

К дополнительным относятся повышенная опасность травматизма, продолжительность зрительной работы и др. При нормировании производственного освещения строительные нормы в ряде случаев исходят из энергоэкономических соображений.

В зависимости от размера объекта различения все зрительные работы промышленных предприятий разбиты на восемь разрядов – это работы наивысшей точности (менее 0,15 мм), очень высокой (0,15–0,3 мм), высокой (0,3–0,5 мм), средней (свыше 0,5–1 мм) и малой точности (свыше 1–5 мм), а также работы грубые (очень малой точности), работы со светящимися материалами и общее наблюдение за ходом технологического процесса.

Возможна также классификация зрительного труда, исходя из использования в работе оптических приборов или экранных средств отображения информации.

Первая группа зрительных работ не требует для своего выполнения этих устройств. Эта группа наиболее многочисленная, в ней занято до 60% всех работающих.

Вторая группа зрительных работ характеризуется очень малым размером объекта различения, и для эффективного выполнения такой работы необходимо использовать увеличивающие оптические приборы – микроскоп, лупу (при производстве часов, радиоэлектроники и др.). В этой группе занято до 10% всех работающих.

Третья группа зрительных работ связана с применением экранных средств отображения информации; в ней могут быть заняты 30% всех работающих (видеотерминальная техника – персональные компьютеры).

Выполнение зрительных работ с использованием оптических приборов требует создания на рабочих местах высоких уровней яркости. Данный вид работ может быть отнесен к работам самой высокой точности.

Для работ, связанных с восприятием информации с экрана (компьютер, телевизор) допускается установка светильников для местного освещения для подсветки документов; оно не должно создавать бликов на поверхности экрана, яркость которого составляет  $70 \text{ кд/м}^2$ .

Яркость на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна соответствовать яркости экрана.

Естественное освещение производственных помещений зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются:

- географическая широта местности;
- время года и суток;
- ориентация окон здания по сторонам света;
- наличие затенения противостоящими объектами (другими зданиями, деревьями и т.д.);
- внутренние факторы (планировка, размеры помещений и оконных проемов, их конфигурация, окраска стен, пола, потолка, состояние остекления, наличие штор и др.).

Естественное освещение в отличие от искусственного оценивается не в абсолютных величинах (лк), а в относительных с помощью коэффициента естественной освещенности (КЕО)  $e$ , %.

КЕО – отношение естественной освещенности внутри помещения к наружной:  $e = (E_{\text{вн}}/E_{\text{нар}}) \cdot 100\%$ .

В СП 52.13330.2011 приведены значения КЕО для первой группы административного района России по ресурсам светового климата. Нормируемые значения КЕО  $e_N$  для зданий, расположенных в различных районах, следует определять по формуле:  $e_N = e_n \cdot m_N$ , где  $N$  — номер группы обеспеченности естественным светом;  $e_n$  — значение КЕО для первой группы административного района (указанные в таблице СП 52.13330.2011);  $m_N$  — коэффициент светового климата.



Цветовую отделку производственных помещений следует выбирать и осуществлять с учетом требований к характеру зрительной работы, санитарно–гигиенических условий, внутренне-го теплового режима в помещениях, объёмно–пространственной структуры интерьера, таблица 4.

Таблица 4

Факторы, определяющие окраску интерьера

<b>Характер труда</b>	Однообразный, постоянный	Мягкие тона
	Физический, временный	Яркие, мягкой гаммы
<b>Ориентация здания</b>	На север	Тёплая гамма
	На юг	Холодная гамма
<b>Внутренний режим помещения</b>	С повышенной температурой	Холодные тона
	С низкой температурой	Тёплые тона

### ***Контрольные вопросы***

1 Производственное освещение и его роль в обеспечении высокой работоспособности.

2 Основные светотехнические понятия и единицы. Основные зрительные функции и их зависимость от освещения.

3 Физиологические методы оценки влияния условий освещения на зрительные функции.

4 Виды производственного освещения. Преимущества и недостатки естественного и искусственного освещения.

5 Естественное и совмещенное освещение. Гигиенические требования.

6 Искусственное освещение. Гигиеническая характеристика ламп накаливания и газоразрядных ламп: преимущества и недостатки.

7 Гигиенические требования к производственному освещению.

8 Методика измерения и гигиеническая оценка освещенности на рабочих местах.

9 Принципы нормирования производственного освещения. Основные законодательные документы.

***Литература*** [5, 22, 26, 27, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50].

### **Лекция 8 Производственный шум**

## 8.1 Общие сведения

**Шумом** называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Звук представляет собой волнообразно распространяющийся в упругой среде колебательный процесс в виде чередующихся волн сгущения и разряжения частиц этой среды – **звуковые волны**.

Источником звука может являться любое колеблющееся тело. При соприкосновении этого тела с окружающей средой образуются звуковые волны. Волны сгущения вызывают повышение давления в упругой среде, а волны разряжения – понижение. Отсюда возникает понятие **звукового давления** – это переменное давление, возникающее при прохождении звуковых волн дополнительно к атмосферному давлению.

Акустические колебания, лежащие в зоне 16 Гц – 20 кГц, воспринимаются человеком с нормальным слухом как звук и называются звуковыми. Акустические колебания с частотой менее 16 Гц не воспринимаются ухом и называются инфразвуковыми, выше 20 кГц – ультразвуковыми.

С физиологических позиций звук – это ощущение, возникающее в ухе человека в результате изменения давления.

Звуковое давление измеряется в Паскалях ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ). Ухо человека ощущает звуковое давление от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$ .

Звуковые волны являются носителями энергии. Звуковая энергия, которая приходится на  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности, расположенной перпендикулярно к распространяющимся звуковым волнам, называется **силой звука** и выражается в  $\text{Вт/м}^2$ . Так как звуковая волна представляет собой колебательный процесс, то он характеризуется такими понятиями, как **период колебания** (Т) – время, в течение которого совершается одно полное колебание, и **частота колебаний** (Гц) – число полных колебаний за 1 с. Совокупность частот дает **спектр шума**.

Шумы содержат звуки разных частот и различаются между собой распределением уровней по отдельным частотам и характером изменения общего уровня во времени. Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11 000 Гц, включающий 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами в 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000

и 8000 Гц.

Орган слуха различает не разность, а кратность изменения звуковых давлений, поэтому интенсивность звука принято оценивать не абсолютной величиной звукового давления, а его **уровнем**, т.е. отношением создаваемого давления к давлению, принятому за единицу сравнения.

В диапазоне от порога слышимости до болевого порога отношение звуковых давлений изменяется в миллион раз, поэтому для уменьшения шкалы измерения звуковое давление выражают через его уровень в логарифмических единицах – децибелах (дБ).

Ноль децибел соответствует звуковому давлению  $2 \cdot 10^{-5}$  Па, что приблизительно соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.

В качестве интегральной (одним числом) характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА (измеренных по так называемой шкале А шумомера), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учётом биологического действия звуков разных частот на слуховой анализатор.

Шум классифицируют по следующим признакам:

В зависимости от **характера спектра** выделяют следующие шумы:

– широкополосные, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

– тональные, в спектре которых имеются выраженные тоны. Тональный характер шума устанавливают путем измерения в третьоктавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе по сравнению с соседними не менее чем на 10 дБ.

По **временным характеристикам** различают шумы:

– постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;

– непостоянные, уровень шума которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не менее чем на 5 дБА. Непостоянные шумы можно подразделить на следующие виды:

– колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;

– прерывистые, уровень звука которых ступенчато изме-

няется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;

– импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый из которых имеет длительность менее 1 с; при этом уровни звука, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно» шумомера, различаются не менее чем на 7 дБА.

## **8.2 Источники шума**

Шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих, сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижением производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма.

В настоящее время трудно назвать производство, на котором не встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К наиболее шумным относятся горнорудная и угольная, машинно–строительная, металлургическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно–бумажная, радиотехническая, легкая и пищевая, мясомолочная промышленности и др.

На заводах железобетонных конструкций шум достигает 105–120 дБА. Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности. Так, на рабочем месте рамщика и обрезчика уровень шума колеблется от 93 до 100 дБА с максимумом звуковой энергии в области средних и высоких частот. В этих же пределах колеблется шум в столярных цехах, а лесозаготовительные работы (валка, трелевка леса) сопровождаются уровнем шума от 85 до 108 дБА за счет работы трелевочных лебедок, тракторов и других механизмов.

Подавляющее большинство производственных процессов в прядильных и ткацких цехах также сопровождается образованием шума, источником которого является бойковый механизм ткацкого станка, удары погонялки челнока. Наиболее высокий уровень шума наблюдается в ткацких цехах – 94–110 дБА.

Наиболее шумными операциями в машиностроении, в том

числе, авиастроении, автомобилестроении, вагоностроении и др. следует считать обрубные и клепальные работы с использованием пневматических инструментов, режимные испытания двигателей и их агрегатов различных систем, стендовые испытания на вибропрочность изделий, барабанную готовку, шлифовку и полировку деталей, штампопрессовую заготовку.

Для нефтехимической отрасли характерными являются высокочастотные шумы различных уровней за счет сброса сжатого воздуха из замкнутого технологического цикла химических производств или от оборудования, работающего на сжатом воздухе, например, сборочных станков и вулканизационных линий шинных заводов.

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. Так, интенсивный шум характерен для плавильных, прокатных и трубопрокатных производств. Из производств, относящихся к этой отрасли, шумными условиями характеризуются метизные заводы, оснащенные холодновысадочными автоматами.

В лесной и целлюлозно-бумажной отраслях наиболее шумными являются деревообрабатывающие цеха.

В горнорудной и угольной промышленностях наиболее шумными являются операции механизированной добычи полезных ископаемых как с использованием ручных машин (пневмоперфораторы, отбойные молотки), так и с помощью современных стационарных и самоходных машин (комбайны, буровые станки и пр.).

Пищевая промышленность – наименее шумная из всех. Характерные для нее шумы генерируют поточные агрегаты кондитерских и табачных фабрик. Однако отдельные машины этих производств создают значительный шум, например, мельницы зерен какао, некоторые сортировочные машины.

В каждой отрасли промышленности имеются цеха или отдельные компрессорные станции, снабжающие производство сжатым воздухом или перекачивающие жидкости или газообразные продукты. Последние имеют большое распространение в газовой промышленности как большие самостоятельные хозяйства. Компрессорные установки создают интенсивный шум.

Шум является также наиболее характерным неблагопри-

ятым фактором производственной среды на рабочих местах пассажирских, транспортных самолетов и вертолетов; подвижного состава железнодорожного транспорта; морских, речных, рыбопромысловых и других судов; автобусов, грузовых, легковых и специальных автомобилей; сельскохозяйственных машин и оборудования; строительнородорожных, мелиоративных и других машин.

Уровни шума в кабинах современных самолетов колеблются в широком диапазоне – 69–85 дБА (магистральные самолеты для авиалиний со средней и большой дальностью полета). В кабинах автомобилей средней грузоподъемности при различных режимах и условиях эксплуатации уровни звука составляют 80–102 дБА, в кабинах большегрузных автомобилей – до 101 дБА, в легковых автомобилях – 75–85 дБА.

Таким образом, для гигиенической оценки шума важно знать не только его физические параметры, но и характер трудовой деятельности человека–оператора, и, прежде всего, степень его физической или нервной нагрузки.

### **8.3 Биологическое действие шума**

Большой вклад в изучение проблемы шума внесла профессор Е.Ц. Андреева–Галанина. Она показала, что шум является общебиологическим раздражителем и оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но, в первую очередь, действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных системах организма. Проявления шумового воздействия на организм человека могут быть условно подразделены на специфические изменения, наступающие в органе слуха, и неспецифические, возникающие в других органах и системах.

Изменения звукового анализатора под влиянием шума составляют специфическую реакцию организма на акустическое воздействие.

Общепризнано, что ведущим признаком неблагоприятного влияния шума на организм человека является медленно прогрессирующее понижение слуха по типу кохлеарного неврита (при этом, как правило, страдают оба уха в одинаковой степени).

Профессиональное снижение слуха относится к сенсонев-

ральной (перцепционной) тугоухости. Под этим термином подразумевают нарушение слуха звуковоспринимающего характера.

Снижение слуха под влиянием достаточно интенсивных и длительно действующих шумов связано с дегенеративными изменениями как в волосковых клетках кортиева органа, так и в первом нейроне слухового пути – спиральном ганглии, а также в волокнах кохлеарного нерва. Однако единого мнения о патогенезе стойких и необратимых изменений в рецепторном отделе анализатора не существует.

**Профессиональная тугоухость** развивается обычно после более или менее длительного периода работы в шуме. Сроки ее возникновения зависят от интенсивности и частотно-временных параметров шума, длительности его воздействия и индивидуальной чувствительности органа слуха к шуму.

Жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, шум в ушах, которые могут возникать в первые годы работы в условиях шума, не являются специфическими для поражения слухового анализатора, а скорее характеризуют реакцию ЦНС на действие шумового фактора. Ощущение понижения слуха возникает обычно значительно позже появления первых аудиологических признаков поражения слухового анализатора.

С целью обнаружения наиболее ранних признаков действия шума на организм и, в частности, на звуковой анализатор, наиболее широко используется метод определения временного смещения порогов слуха (ВСП) при различной длительности экспозиции и характере шума.

Кроме того, этот показатель применяется для прогнозирования потерь слуха на основании соотношения между постоянными смещениями порогов (потерями) слуха (ПСП) от шума, действующего в течение всего времени работы в шуме, и временными смещениями порогов (ВСП) за время дневной экспозиции тем же шумом, измеренными спустя две минуты после экспозиции шумом. Например, у ткачей временные смещения порогов слуха на частоте 4000 Гц за дневную экспозицию шумом численно равны постоянным потерям слуха на этой частоте за 10 лет работы в этом же шуме. Исходя из этого, можно прогнозировать возникающие потери слуха, определив лишь сдвиг

порога за дневную экспозицию шумом.

Шум, сопровождающийся вибрацией, более вреден для органа слуха, чем изолированный.

Представление о шумовой болезни сложилось в 1960–70 гг. на основании работ по влиянию шума на сердечно–сосудистую, нервную и др. системы. В настоящее время ее заменила концепция **экстраауральных эффектов** как неспецифических проявлений действия шума.

Рабочие, подвергающиеся воздействию шума, предъявляют жалобы на головные боли различной интенсивности, нередко с локализацией в области лба (чаще они возникают к концу работы и после нее), головокружение, связанное с переменной положения тела, зависящее от влияния шума на вестибулярный аппарат, снижение памяти, сонливость, повышенную утомляемость, эмоциональную неустойчивость, нарушение сна (прерывистый сон, бессонница, реже сонливость), боли в области сердца, снижение аппетита, повышенную потливость и др. Частота жалоб и степень их выраженности зависят от стажа работы, интенсивности шума и его характера.

Шум может нарушать функцию сердечно–сосудистой системы. Отмечены изменения в электрокардиограмме в виде укорочения интервала Q–T, удлинения интервала P–Q, увеличения длительности и деформации зубцов P и S, смещения интервала T–S, изменение вольтажа зубца T.

Наиболее неблагоприятным с точки зрения развития гипертензивных состояний является широкополосный шум с преобладанием высокочастотных составляющих и уровнем свыше 90 дБА, особенно импульсный шум. Широкополосный шум вызывает максимальные сдвиги в периферическом кровообращении. Следует иметь в виду, что если к субъективному восприятию шума имеется привыкание (адаптация), то в отношении развивающихся вегетативных реакций адаптации не наблюдается.

По данным эпидемиологического изучения распространенности основных сердечно–сосудистых заболеваний и некоторых факторов риска (избыточная масса,отягощенный анамнез и др.) у женщин, работающих в условиях воздействия постоянного производственного шума в диапазоне от 90 до 110 дБА,



показано, что шум, как отдельно взятый фактор (без учета общих факторов риска), может увеличивать частоту артериальной гипертонии (АГ) у женщин в возрасте до 39 лет (при стаже меньше 19 лет) лишь на 1,1%, а у женщин старше 40 лет – на 1,9%. Однако при сочетании шума хотя бы с одним из «общих» факторов риска можно ожидать учащения АГ уже на 15%.

При воздействии интенсивного шума 95 дБА и выше может иметь место нарушение витаминного, углеводного, белкового, холестерина и водно-солевого обменов.

Несмотря на то что шум оказывает влияние на организм в целом, основные изменения отмечаются со стороны органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, причем изменения нервной системы могут предшествовать нарушениям в органе слуха.

Шум является одним из наиболее сильных стрессорных производственных факторов. В результате воздействия шума высокой интенсивности одновременно возникают изменения как в нейроэндокринной, так и в иммунной системах. При этом происходит стимуляция передней доли гипофиза и увеличение секреции надпочечниками стероидных гормонов, а как следствие этого – развитие приобретенного (вторичного) иммунодефицита с инволюцией лимфоидных органов и значительными изменениями содержания и функционального состояния Т- и В-лимфоцитов в крови и костном мозге. Возникающие дефекты иммунной системы касаются, в основном, трех основных биологических эффектов:

- снижение антиинфекционного иммунитета;
- создание благоприятных условий для развития аутоиммунных и аллергических процессов;
- снижение противоопухолевого иммунитета.

Доказана зависимость между заболеваемостью и величиной потерь слуха на речевых частотах 500–2000 Гц, свидетельствующая о том, что одновременно со снижением слуха наступают изменения, способствующие снижению резистентности организма. При увеличении производственного шума на 10 дБА показатели общей заболеваемости работающих (как в случаях, так и в днях) возрастают в 1,2–1,3 раза.

Установлено, что в производствах с уровнями шума до

90–95 дБА вегетативно–сосудистые расстройства появляются раньше и превалируют над частотой кохлеарных невритов. Максимальное их развитие наблюдается при 10–летнем стаже работы в условиях шума. Только при уровнях шума, превышающих 95 дБА, к 15 годам работы в «шумной» профессии экстраауральные эффекты стабилизируются, и начинают преобладать явления тугоухости.

На фоне происходящей интеллектуализации труда, роста удельного веса операторских профессий отмечается повышение значения шумов средних уровней (ниже 80 дБА). Указанные уровни не вызывают потерь слуха, но, как правило, оказывают мешающее, раздражающее и утомляющее действия, которые суммируются с таковым от напряженного труда и при возрастании стажа работы в профессии могут привести к развитию экстраауральных эффектов, проявляющихся в общесоматических нарушениях и заболеваниях. В связи с этим был обоснован биологический эквивалент действия на организм шума и нервно–напряженного труда, равный 10 дБА шума на одну категорию напряженности трудового процесса (Суворов Г.А. и др., 1981). Этот принцип положен в основу действующих санитарных норм по шуму, дифференцированных с учетом напряженности и тяжести трудового процесса.

В настоящее время большое внимание уделяется оценке профессиональных рисков нарушения здоровья работающих, в том числе обусловленных неблагоприятным воздействием производственного шума.

В соответствии со стандартом ISO 1999:2013 «Акустика. Оценивание потери слуха, вызванная шумом» можно оценивать риск нарушений слуха в зависимости от экспозиции и прогнозировать вероятность возникновения профзаболеваний. На основе математической модели стандарта ISO определены риски развития профессиональной тугоухости в процентах с учетом отечественных критериев профессиональной тугоухости. В России степень профессиональной тугоухости оценивается по средней величине потерь слуха на трёх речевых частотах (0,5–1–2 кГц); величины более 10, 20, 30 дБ соответствуют I–й, II–й, III–й степени снижения слуха.

Необходимо отметить, что стандарт ISO не учитывает ха-

раक्टर трудовой деятельности, как это предусмотрено в санитарных нормах по шуму, где предельно допустимые уровни шума дифференцированы по категориям тяжести и напряженности труда и тем самым охватывают неспецифическое действие шума, что важно для сохранения здоровья и работоспособности лиц операторских профессий.

#### **8.4 Нормирование шума на рабочих местах**

Профилактика неблагоприятного влияния шума на организм работающих основана на его гигиеническом нормировании, целью которого является обоснование допустимых уровней и комплекса гигиенических требований, обеспечивающих предупреждение функциональных расстройств или заболеваний. В гигиенической практике в качестве критерия нормирования используют предельно допустимые уровни (ПДУ) для рабочих мест, допускающие ухудшение и изменение внешних показателей деятельности (эффективности и производительности) при обязательном возврате к прежней системе гомеостатического регулирования исходного функционального состояния с учетом адаптационных изменений.

Нормирование шума проводится по комплексу показателей с учетом их гигиенической значимости. Действие шума на организм оценивают по обратимым и необратимым, специфическим и неспецифическим реакциям, снижению работоспособности или дискомфорта. Для сохранения здоровья, работоспособности и самочувствия человека оптимальное гигиеническое нормирование должно учитывать вид трудовой деятельности, в частности, физический и нервноэмоциональный компоненты труда.

Критерием нормирования по оптимальному уровню для многих факторов, в том числе для шума, можно рассматривать такое состояние физиологических функций, при котором данный уровень шума не вносит своей доли в их напряжение, и последнее целиком определяется выполняемой работой.

Количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса следует проводить в соответствии с нормативными правовыми актами.

**Импульсный шум и его оценка.** Понятие импульсного

шума не является строго определенным. Так, в действующих санитарных нормах к импульсному шуму относят шумы, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА, измеренные по характеристикам «импульс» и «медленно», различаются не менее чем на 7 дБ.

Одним из важных факторов, определяющих различие реакций на постоянный и импульсный шумы, является пиковый уровень. В соответствии с концепцией «критического уровня» шумы с уровнями выше определенного, даже очень кратковременные, могут вызывать прямую травматизацию органа слуха, что подтверждается морфологическими данными. Многие авторы указывают разные значения критического уровня: от 100–105 дБА до 145 дБА. Такие уровни шума встречаются на производстве, например, в кузнечных цехах шум от молотов достигает 146 и даже 160 дБА.

Опасность импульсного шума определяется не только высокими эквивалентными уровнями, но и дополнительным вкладом временных характеристик, вероятно, за счет травмирующего эффекта высоких пиковых уровней. Исследования распределения уровней импульсного шума показали, что, несмотря на малое суммарное время действия пиков с уровнями выше 110 дБА, их вклад в общую дозу может достигать 50%, и это значение 110 дБА было рекомендовано как дополнительный критерий при оценке непостоянных шумов к ПДУ по действующим санитарным нормам.

Приведенные нормы устанавливают ПДУ для импульсного шума на 5 дБ ниже, чем для постоянных шумов (т.е. вносят поправку минус 5 дБА по эквивалентному уровню), и дополнительно ограничивают максимальный уровень звука 125 дБА «импульс», но не регламентируют пиковые значения. Тем самым действующие нормы ориентируются на громкостные эффекты шума, поскольку характеристика «импульс» с  $t=40$  мс адекватна верхним отделам звукового анализатора, а не возможному травматическому действию его пиков, являющемуся общепризнанным в настоящее время.

Шумовое воздействие на работающих, как правило, является непостоянным по уровню шума и (или) времени его дей-

ствия. В связи с этим для оценки непостоянных шумов введено понятие *эквивалентного уровня звука*. С эквивалентным уровнем связана доза шума, которая отражает количество переданной энергии и поэтому может служить мерой шумовой нагрузки.

Наличие в действующих санитарных нормах шума на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилых застроек в качестве нормируемого параметра эквивалентного уровня и отсутствие такового в качестве дозы шума объясняются рядом факторов. Во-первых, отсутствием в стране отечественных дозиметров; во-вторых, при нормировании шума для жилых помещений и для некоторых профессий (работников, у которых орган слуха является рабочим органом) энергетическая концепция требует поправок, вносимых в измерительные приборы, для выражения шума не в уровнях звукового давления, а в величинах субъективной громкости.

Учитывая появление в последние годы нового направления в гигиенической науке по установлению степени профессионального риска от различных факторов производственной среды, в том числе и от шума, следует учитывать в перспективе величину дозы шума с различными категориями риска не столько по специфическому влиянию (слуховому), сколько по неспецифическим проявлениям (нарушениям) со стороны других органов и систем организма.

До настоящего времени влияние шума на человека изучалось изолированно: в частности, промышленного шума – на рабочих различных производств, служащих административно-управленческого аппарата; городского и жилищно-бытового шума – на население различных категорий в условиях проживания. Эти исследования позволяли обосновать нормативы для постоянного и непостоянного, производственного и бытового шумов в различных местах и условиях пребывания человека.

Однако для гигиенической оценки влияния шумов на человека в производственных и внепроизводственных условиях целесообразно учитывать суммарное шумовое воздействие на организм, что возможно на основе концепции суточной дозы шума с учетом видов жизнедеятельности человека (работа, от-

дых, сон), исходя из возможности кумуляции их эффектов.

### **8.5 Профилактика неблагоприятного действия шума**

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно–планировочными, организационными и медико–профилактическими.

Технические средства борьбы с шумом:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи;
- непосредственная защита работающего или группы рабочих от воздействия шума.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Большое значение имеет снижение шума в источнике. Этого можно добиться усовершенствованием конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы, оборудованием источника шума дополнительными звукоизолирующими устройствами или ограждениями, расположенными по возможности ближе к источнику (в пределах его ближнего поля). Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом. Кожухи из листового металла с внутренней облицовкой звукопоглощающим материалом могут снижать шум на 20 – 30 дБ. Увеличение звукоизоляции кожуха достигается за счет нанесения на его поверхность вибродемпфирующей мастики, обеспечивающей снижение уровней вибрации кожуха на резонансных частотах и быстрое затухание звуковых волн.

Для ослабления аэродинамического шума, создаваемого компрессорами, вентиляционными установками, системами пневмотранспорта и др., применяются глушители активного и реактивного типов. Наиболее шумное оборудование размещают в звукоизолирующих камерах. При больших габаритах машин или значительной зоне обслуживания оборудуют специальные кабины для операторов.

Акустическая отделка помещений с шумным оборудова-

нием может обеспечить снижение шума в зоне отраженного звукового поля на 10 – 12 дБ и в зоне прямого звука до 4 – 5 дБ в октавных полосах частот. Применение звукопоглощающих облицовок для потолка и стен приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда.

В многоэтажных промышленных зданиях особенно важна защита помещений от структурного шума (распространяющегося по конструкциям здания). Его источником может быть производственное оборудование, которое имеет жесткую связь с ограждающими конструкциями. Ослабление передачи структурного шума достигается виброизоляцией и вибропоглощением.

Хорошей защитой от ударного шума в зданиях является устройство «плавающих» полов. Архитектурно–планировочные решения во многих случаях определяют акустический режим производственных помещений, облегчая или затрудняя решение задач по их акустическому благоустройству.

Шумовой режим производственных помещений обусловлен размерами, формой, плотностью и видами расстановки машин и оборудования, наличием звукопоглощающего фона и т.д. Планировочные мероприятия должны быть направлены на локализацию звука и уменьшение его распространения. Помещения с источниками высокого уровня шума по возможности следует группировать в одной зоне здания, примыкающей к складским и вспомогательным помещениям, и отделять коридорами или подсобными помещениями.

Учитывая, что с помощью технических средств не всегда удается снизить уровни шума на рабочих местах до нормативных значений, необходимо применять средства индивидуальной защиты органа слуха от шума (антифоны, вкладыши). Эффективность средств индивидуальной защиты может быть обеспечена правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем за условиями их эксплуатации.

В комплексе мероприятий по защите человека от неблагоприятного действия шума определенное место занимают медицинские средства профилактики. Важнейшее значение имеет

проведение предварительных и периодических медицинских осмотров.

Противопоказаниями к приему на работу, сопровождаемую шумовым воздействием, служат:

– стойкое понижение слуха (хотя бы на одно ухо) любой этиологии;

– отосклероз и другие хронические заболевания уха с неблагоприятным прогнозом;

– нарушение функции вестибулярного аппарата любой этиологии, в том числе, болезнь Меньера.

Принимая во внимание значение индивидуальной чувствительности организма к шуму, исключительно важным является диспансерное наблюдение за рабочими первого года работы в условиях шума.

Одним из направлений индивидуальной профилактики шумовой патологии является повышение сопротивляемости организма рабочих к неблагоприятному действию шума. С этой целью рабочим шумных профессий рекомендуется ежедневный прием витаминов группы В в количестве 2 мг и витамина С в количестве 50 мг (продолжительность курса 2 недели с перерывом в неделю). Следует также рекомендовать введение регламентированных дополнительных перерывов с учетом уровня шума, его спектра и наличия средств индивидуальной защиты.

### ***Контрольные вопросы***

1 Основные источники, физические параметры шума.

2 Классификация производственных шумов.

3 Общее действие шума на организм. Шумовая болезнь. Современное представление о патогенезе профессиональной тугоухости.

4 Принципы гигиенического нормирования шума; особенности нормирования непостоянного шума.

5 Гигиенические критерии оценки шумового фактора по показателям вредности и опасности. Дозный подход к оценке шума, воздействующего на организм.

6 Оборудование, условия и методика измерения параметров шума на рабочем месте.

7 Система мероприятий по профилактике шумовой патологии на производстве.



*Литература* [6, 11, 13, 16, 19, 30, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50].

## **9 лекция Вибрация**

### **9.1 Общие сведения**

Вибрация – это колебательные движения с упругими связями. В природе вибрация практически не встречается, но к сожалению, очень часто возникает в технических устройствах. Кроме того, в технике вибрацию специально используют, например, при вибрационной транспортировке.

Вибрация как фактор производственной среды встречается в металлообрабатывающей, горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, строительной, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте и в других отраслях экономики. Причинами её возникновения являются неуравновешенные силовые воздействия, источниками которых служат: возвратно–поступательные движущиеся системы (кривошипно–шатунные механизмы, ручные перфораторы, вибро-трамбовки и т.п.); неуравновешенные вращающиеся массы (ручные электрические и пневматические шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т.п.). В отдельных случаях вибрации могут создаваться также ударами деталей, например, зубчатые зацепления, подшипниковые узлы. Практически всё технологическое оборудование пищевой промышленности, а именно: насосы, вентиляционные установки, компрессоры, транспортёры, разлилочные автоматы, тестомесильные машины, электродвигатели и т.п. являются источниками вибрации.

Основными параметрами вибрации, происходящими по синусоидальному закону, являются: амплитуда виброперемещения  $x_m$  (м), амплитуда колебательной скорости  $v_m$  (м/с), амплитуда колебательного ускорения  $a_m$  (м/с<sup>2</sup>), период колебаний  $T$  (с) и частота  $f$  (Гц=с<sup>-1</sup>), связанные соотношением  $f=1/T$ .

Вибросмещение в случае гармонических колебаний определяют по формуле  $x=x_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $\omega$  – угловая частота ( $\omega=2\pi f$ );  $\varphi$  – начальная фаза вибросмещения в момент времени  $t=0$ . В большинстве случаев начальная фаза в задачах охраны труда значения не имеет и может не учитываться.

Виброскорость ( $v$ ) и виброускорение ( $a$ ) являются соот-

ответственно первой и второй производной по времени от виброперемещения ( $x_m$ ) и определяются из соотношений:  $v=v_T \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ ;  $a=-a_T \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $v_T$ ,  $a_T$  – максимальные значения виброскорости и виброускорения соответственно колеблющейся точки.

Частота, виброскорость и виброускорение гармонического колебательного движения определяется соответственно по выражениям:  $f=n/60$ ;  $v=2\pi f \cdot A=\omega \cdot A$ ;  $a=(2\pi f)^2 \cdot A$ , где  $n$  – число оборотов в минуту;  $A$  – вибросмещение.

Реальное вибрационное движение, как правило, состоит из множества простейших гармонических колебаний и имеет сложный спектр. Значение спектра необходимо для оценки влияния вибрации на организм человека, которое обусловлено частотой вибрации.

Учитывая, что абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяется в очень широких пределах, используется понятие логарифмический уровень колебаний. Это характеристика колебаний, сравнивающая две одноименных физических величины, пропорциональные десятичному логарифму отклонения оцениваемой величины и исходного значения величины (опорные значения параметров).

Логарифмические уровни виброскорости  $L_v$  и виброускорения  $L_a$  (в дБ), определяют по выражениям:  $L_v=20 \cdot \lg(v/v_0)$ ,  $L_a=20 \cdot \lg(a/a_0)$ , где  $v_0=5 \cdot 10^{-8}$  (м/с) и  $a_0=1 \cdot 10^{-6}$  (м/с<sup>2</sup>) – соответственно пороговое (опорное) значение виброскорости и виброускорения.

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот вибрации разбивается на октавные диапазоны. В октавном диапазоне верхняя граничная частота ( $f_2$ ) вдвое больше нижней ( $f_1$ ), т.е.  $f_2/f_1=2$ . Анализ вибрации может производиться также в третьоктавных полосах частот,  $f_2/f_1=2^{1/3}$ .

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми параметрами являются их средние квадратические значения или логарифмические уровни. Средние геометрические частоты октавных  $f_{czo}$  и третьоктавных  $f_{czt}$  полос стандартизированы и определяются соответственно по формулам:  $f_{czo}=10^{3n/10}$ ,  $n=0,1,2,3...$  с последующим округлением результатов. Верхние и нижние частоты октавных полос определяются следующими

соотношениями:  $f_n = f_{c2} / 2^{1/2}$  и  $f_6 = 2^{1/2} \cdot f_{c2}$ .

По способу передачи вибрации на человека различают следующие её виды:

- 1) общую – передаётся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности (опорой называется поверхность, на которой человек стоит, сидит или лежит);
- 2) локальную – передаётся на руки через ручной инструмент.

В производственных условиях нередко имеет место интегрированное действие локальной и общей вибрации. Вибрация, передающаяся на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, относится к локальной вибрации

Общая вибрация по источнику её возникновения делится на категории:

1 категория – транспортная вибрация: воздействует на человека на рабочих местах транспортных средств при движении по местности и дорогам (в том числе при их строительстве). Источники транспортной вибрации: тракторы сельскохозяйственные и промышленные, сельскохозяйственные машины, автомобили грузовые, снегоочистители, самоходный горно–шахтный рельсовый транспорт.

2 категория – транспортно–технологическая вибрация: воздействует на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. Источники транспортно–технологической вибрации: экскаваторы, краны промышленные и строительные, машины для загрузки мартеновских печей в металлургическом производстве, горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки, путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт.

3 категория – технологическая вибрацию: воздействует на человека на рабочих местах стационарных машин или передаётся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. Источники технологической вибрации: станки металло– и деревообрабатывающие, кузнечно–прессовое оборудование, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные

агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна, оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков) и др.

Вибрацию категории 3 по месту действия делят на типы:

«а» на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

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

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

Локальная вибрация по источнику её возникновения делится на:

– вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;

– вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например, рихтовочных молотков разных моделей и обрабатываемых деталей.

Классифицируют вибрацию и по направлению действия согласно направлению осей ортогональной системы координат. Для общей вибрации ось  $x$  расположена по направлению от спины к груди. Ось  $y$  от правого плеча к левому. Ось  $z$  вдоль туловища (от ног к голове). Для локальной вибрации ось  $z$  проходит вдоль ручного инструмента; оси  $x, y$  – перпендикулярны к оси  $z$ .

По временным характеристикам вибрацию выделяют постоянную и непостоянную.

Постоянная вибрация, для которой величина нормируемых параметров ( $v, a$ ) изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин.

Непостоянная вибрация, для которой величина нормируемых параметров ( $v, a$ ) изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин. Непостоянную делят на:

а) колеблющуюся во времени, для которой величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

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

в) импульсная, состоящая из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

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).

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.

## **9.2 Действие на организм**

Вибрация может оказывать на человека как положительное, так и отрицательное действие. Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты, амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и других условий.

При изучении биологического действия вибрации принимается во внимание характер её распространения по телу человека, которое рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это всё туловище с нижней частью позвоночника и тазом (стоящий человек), в другом случае – верхняя часть туловища в сочетании с верхней частью позво-

ночника, нагибающийся вперёд (сидящий человек). Независимо от места возбуждения колебания затухают при распространении по телу тем больше, чем выше их частота, причём величина затухания не зависит от уровня интенсивности колебаний в зоне возбуждения.

Благоприятное воздействие оказывает местная вибрация малой интенсивности: восстановление трофических изменений, быстрое заживление ран, притупление боли, улучшение функционального состояния центральной нервной системы и др.

Длительное воздействие общей вибрации может привести к развитию вибрационной болезни. Для клинической картины болезни характерно: поражение нервно-мышечной системы, опорно-двигательного аппарата, изменение обмена веществ. Низкочастотная общая 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, заболеваний хроническим пояснично-крестцовым радикулитом, которые часто регистрируются трактористов, рабочих, занятых в производстве сборного железобетона, у водителей автомобилей.

При воздействии низкочастотной вибрации снижается острота зрения, нарушается цветоощущение, сужаются границы поля зрения, уменьшается устойчивость ясного видения, снижается функциональная подвижность, происходит расстройство фиксации предметов глазом, нарушается чёткость восприятия объектов, затрудняется чтение приборной информации.

Общая низкочастотная вибрация вызывает нарушение координации движений, причём наиболее выраженные изменения отмечается при частотах 4–11 Гц. Общая вибрация оказывает воздействие на функцию дыхания. Изменения дыхания наблюдаются при воздействии вибрации с частотой 4–5 Гц.

Отмечено влияние общей вибрации на обменные процессы (изменение углеводного обмена) и биохимические показатели крови (нарушение белкового и ферментативного, а также витаминного и холестерина обмена). Наблюдаются наруше-

ния окислительно–восстановительных процессов, изменения показателей азотистого обмена, изменения активности коагулирующих и антисвёртывающих факторов крови, нарушение деятельности эндокринной системы.

Общая вибрация оказывает также отрицательное влияние на женские и мужские детородные органы.

Диапазон частот от 35 до 250 Гц, является уровнем вибрационной болезни. Симптомы этой болезни – эмоциональная неустойчивость, головокружение, тошнота, сердцебиение, тремор внутренних органов

Особенно вредны колебания, которые совпадают с частотой организма в целом или его внутренних органов (явление резонанса). Резонансные частоты, Гц, некоторых частей тела таковы: глаза 12–27; ноги, руки 2–8; живот 4–12.

В производственных условиях ручные машины с максимальным уровнем виброскорости в полосах низких частот вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно–мышечного, опорно–двигательного аппарата. К основным проявлениям вибрационной патологии относятся нейрососудистые расстройства рук, сопровождающиеся интенсивными болями, снижением всех видов кожной чувствительности, слабостью в кистях рук. Часто наблюдается синдром «мертвых» пальцев (acroasfiksia).

Усугубляющими факторами вредного воздействия вибрации являются считаются – чрезмерные мышечные и нервно–эмоциональные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, шум высокой интенсивности. Сопутствующие факторы могут увеличить риск вибрационной болезни в 5...10 раз.

### **9.3 Гигиеническое нормирование**

Основным законодательным документом гигиенического нормирования вибрации является СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

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

Нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости ( $v$ ) и виброускорения ( $a$ ), и их логарифмические уровни ( $L_v, L_a$ ).

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- 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 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

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. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

ПДУ нормируемых параметров производственной локальной вибрации и общей вибрации всех категорий при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблицах СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на человека для длительности смены 8 часов в октавных полосах частот приведены в таблице 5.

Допустимое значение вибрации  $U_T$  при длительности её воздействия  $T$  менее 480 мин (8 ч) определяется по формуле  $U_T = U_{480} \cdot (480/T)^{1/2}$ , где  $U_{480}$  – норма вибрации при длительности воздействия 480 мин. Максимальный уровень вибрации не должен превышать значений, вычисленных для  $T=30$  мин.



Таблица 5

## Нормы вибрационной нагрузки

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Корректированные нормативные по частоте и эквивалентные значения			
			виброускорение		виброскорость	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с·10 <sup>-2</sup>	дБ
<b>Локальная</b>	–	x, y, z	2,00	126	2,00	112
<b>Общая</b>	1	z	0,56	115	1,10	107
	1	y, x	0,40	112	3,20	116
	2	z, y, x	0,28	109	0,56	101
	3 тип«а»	z, y, x	0,10	100	0,20	92
	3 тип«б»	z, y, x	0,04	92	0,079	84
	3 тип«в»	z, y, x	0,014	83	0,028	75

**9.4 Профилактические мероприятия**

В тех случаях, когда уровень вибрации превышает допустимые значения необходимо проводить мероприятия по снижению её параметров. Так как вибрация воздействует на человека через объекты, в которых есть источники колебаний, то защитные мероприятия должны охватывать все элементы системы «генератор колебаний–объект–человек». Основные направления защиты от вибрации указаны в ГОСТ 12.1.012–2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования».

Прежде снижается вибрация в источнике возникновения:

- повышают точность балансировки вращающихся деталей,
- повышают точность обработки деталей,
- чистоту поверхности сопрягающихся деталей,
- равномерно распределяется нагрузка на роторы машин.

Но исключить полностью вибрацию в источнике возникновения невозможно.

Поэтому в качестве виброзащиты используют методы:

1. Виброгашение – динамическое гашение колебаний путём присоединения источника вибрации к защищаемому объекту, который будет уменьшать размеры вибрации; установка агрегатов на виброгасящем основании.

2. Вибродемпфирование – превращение энергии механи-

ческих колебаний системы в другие виды энергии: или за счёт присоединения специальных демпферов, или путём использования материалов с большим коэффициентом трения, либо путём нанесения специальных вибродемпфирующих покрытий из упруго–вязких материалов с большими потерями на трение.

3. Виброизоляцию – уменьшение динамических сил, передаваемых с виброактивной системы на другую, защищаемую от вибрации.

Виброгашение реализуется при увеличении жёсткости системы за счёт введения дополнительных рёбер жёсткости или путём увеличения массы конструкции за счёт усиления фундамента. Конструктивно дополнительное основание выполняется в виде железобетонной плиты, а корпуса машин или станины станков крепят с помощью анкерных болтов или цементного раствора.

Для борьбы с распространением вибрации по строительным конструкциям зданий применяются динамические успокоители колебаний, или виброгасители. Виброгаситель – это масса, укреплённая на пружине. Собственная частота такой дополнительной системы, присоединённой к главной, колеблющейся под влиянием возмущающей силы, должна быть равна частоте возмущающей силы  $f_0=f_b$ . Достигается это подбором жёсткости пружины. В этом случае присоединённая система приходит в резонансные колебания, а главная система, которую требуется успокоить, прекращает колебательное движение.

Метод вибродемпфирования (вибропоглощения) осуществляется выбором материалов и конструкций с малой жёсткостью и большим внутренним трением (упруговязкие).

Вибропоглощающий материал крепят или наносят на вибрирующие элементы машины. Демпфирующими материалами являются битум, резина, толь, фетр, асбест, пластмассы, специальные мастики. Поглощающий эффект достигается при условии плотного прилегания материала к вибрирующей поверхности. Вибродемпфирующие покрытия в зависимости от величины динамического модуля упругости (Юнга)  $E$ , Па подразделяются:

- жёсткие  $10^8 - 10^9$  Па,
- мягкие  $\leq 10^7$  Па.

Жёсткие (твёрдые с наполнителями пластмассы) более

эффективны в области низких и средних частот, а мягкие (мягкие резины и пластмассы, битумизированный войлок, мастики) – высоких частот.

В тех случаях, когда обрабатываемая поверхность имеет сложную форму, для вибродемпфирующего покрытия применяют смесь синтетических смол и наполнителей, а также специальную мастику–антивибрит на основе эпоксидных смол.

Метод виброизоляции заключается в установке между источником колебаний и объектом упругих элементов (опор). Этот метод используют, когда необходимо защитить рабочее место от колебаний основания или защитить основание от колебаний неуравновешенных машин.

В качестве виброизоляторов (амортизаторов) используют резиновые или пластмассовые ленты, цилиндрические стальные пружины, комбинированные виброизоляторы (пружинно–резиновые, пружинно–пластмассовые, пружинно–рессорные) и пневматические изоляторы (воздушные подушки), в которых используют упругие свойства сжатого воздуха.

Показателем эффективности виброизоляции служит коэффициент передачи КП, который показывает, какая доля динамической силы от источника вибрации передаётся через амортизаторы на основание:  $KП = f_0/f_с$ , где  $f_0$  – частота собственных колебаний, Гц;  $f_с$  – частота вынужденных колебаний, Гц.

Чем меньше КП, тем выше эффективность виброизоляции. Для хороших амортизаторов КП составляет  $1/8 \div 1/15$ .

Для получения достаточно низких значений коэффициента передачи необходимо, чтобы частота собственных колебаний  $f_0$  была намного ниже вынужденных  $f_с$ . Если  $f_0$  у какой–либо машины незначительно отличается от  $f_с$ , то динамическая сила, которая будет передаваться на основание, будет возрастать и в этом случае применение амортизаторов будет не просто бесполезным, но и вредным, т.к. будет возрастать амплитуда колебаний виброизолированной машины.

При проектировании систем виброизоляции нельзя исключать резонансные явления ( $f_0 = f_с$ ), т.к. в этом случае резко возрастет интенсивность колебаний защищаемого объекта.

Пружинные стальные амортизаторы широко используют в строительных машинах и механизмах. Обладают достаточно

большой эффективностью  $KП=1/40 \div 1/60$ . Затухание колебаний машин на таких амортизаторах происходит за 15–20 периодов из-за невысоких значений упругих свойств пружин. Пружины стойки к агрессивным средам. Недостаток – малое снижение высокочастотных вибраций.

Резиновые виброизоляторы имеют большое внутреннее трение и их можно применять, когда необходимо уменьшить время затухания собственных колебаний и амплитуды колебаний на резонансных режимах. Но виброизолирующая способность ниже:  $KП=1/15 \div 1/20$ . Выполняют обычно со сквозными отверстиями или оребренными.

Положительные свойства пружинных и резиновых виброизоляторов собраны в пружинно–резиновых виброизоляторах.

Нашли применение пневматические изоляторы: просты по конструкции и высокие показатели эффективности.

Выбор виброизоляции можно вести в определённой последовательности. Выбирают конкретный тип виброизоляторов с известными допустимыми нагрузками и жёсткостными характеристиками и определяют значения собственных частот  $f_0$  виброизолированной установки. Для известных значений частот  $f_v$  возмущающих сил и моментов рассчитывают соответствующие значения  $KП$  и сопоставляют с требуемыми значениями.

Меры профилактики неблагоприятного воздействия вибрации и сопутствующих факторов при работе с виброинструментами включают также организационно–технические, административные и медико–профилактические мероприятия.

#### **Организационно–технические мероприятия:**

– Защиту временем – режимы труда, рациональное распределение работ с виброинструментами в течение рабочей смены, рациональное использование регламентированных перерывов;

– Меры коллективной защиты, особенно при работе на открытых площадках в холодный период года (наличие помещений для обогрева, отдыха и укрытия от неблагоприятных метеорологических условий);

– Средства индивидуальной защиты (антивибрационные рукавицы, противошумные наушники или вкладыши, тёплая специальная одежда; при обводнении и охлаждающем действии

воды–водонепроницаемая одежда, рукавицы, обувь).

**Административные меры** – допуск к работе только исправных и отрегулированных инструментов с виброзащитой, проведение периодического контроля за уровнями вибрации, обеспечение работников эффективными средствами индивидуальной и коллективной защиты, профилактическим питанием, обучение работников правильным способам работы с виброинструментом, прохождение работниками регулярных медицинских осмотров и т.д.).

**Медико–профилактические мероприятия** включают: проведение периодических и предварительных медицинских осмотров, физиотерапевтические меры, витаминпрофилактику, санаторно–курортное лечение и др.

#### ***Контрольные вопросы***

1 Источники вибрации на производстве, гигиеническая значимость.

2 Физические параметры вибрации, классификация.

3 Влияние вибрации на организм. Производственные факторы, способствующие развитию в организме патологических изменений.

4 Вибрационная болезнь.

5 Приборы для измерения параметров вибрации. Методика измерения общей и локальной вибрации.

6 Гигиеническое нормирование вибрации.

7 Профилактические мероприятия по защите от воздействия производственной вибрации.

***Литература*** [12, 33, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50].

## **10 лекция Электромагнитное излучение**

### **10.1 Общие сведения**

Общеизвестно, что человек и окружающая среда находятся под интенсивным воздействием электромагнитных полей, создаваемых как естественными, так и техногенными источниками электромагнитного излучения (ЭМИ). Если электромагнитные поля естественных источников, таких как Космос, Галактика, Солнце являются постоянными природными характеристиками среды обитания человека, то электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые техногенными источниками, используемые как в

экономических, так и в военных целях, оказывают, как правило, либо побочное, либо прямое воздействие на человека.

Проблема взаимодействия человека с ЭМП техногенного характера существенно осложнилась в последнее время в связи с интенсивным развитием радиосвязи, радионавигации, телевизионных систем, расширением сферы применения электромагнитной энергии для осуществления определённых технологических операций, широким распространением компьютерной техники, массовым распространением бытовых электро- и электронных приборов.

Тенденция наращивания плотности электромагнитной энергии в окружающей среде привела к тому, что в настоящее время напряжённость полей создаваемых техногенными источниками, превосходили на несколько порядков напряжённость соответствующих по частоте полей естественного происхождения.

При характеристике электромагнитной обстановки пользуются терминами «электрическое поле», «магнитное поле», «электромагнитное поле»: электрическое (электростатическое) поле создаётся электрическими зарядами, а их движение по проводнику порождает магнитное поле. Поскольку магнитных зарядов не существует, силовые линии магнитного поля всегда замкнуты.

Критерием интенсивности электрического поля, является напряжённость электрического поля –  $E$  с единицей измерения В/м (Вольт на метр). Величина магнитного поля характеризуется напряжённостью магнитного поля  $H$  с единицей измерения А/м (Ампер на метр). При оценке магнитного поля сверх низких и крайне низких частот (3–300 Гц) используется показатель магнитной индукции  $B$  с единицей измерения Тл (Тесла), при чём  $1 \text{ мкТл} = 1,25 \text{ А/м}$ .

Постоянные электрические и магнитные поля возникают и существуют только в присутствии источников – заряда или электрического тока. Однако, в природе обнаружена связь электрического и магнитного поля при их изменениях.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которая распространяется в пространстве в виде электро-

магнитных волн (электромагнитного излучения (ЭМИ)). Излучение – это энергия, переданная волнами.

Электромагнитное поле особая форма материи, создаваемая изменяющимися во времени электрическим полем  $E$ , которое порождает магнитное поле  $H$ , а изменяющееся  $H$  возбуждает вихревое электрическое поле. Напряжённости полей  $E$  и  $H$ , расположенные перпендикулярно друг другу, непрерывно изменяясь, порождают друг друга. Электромагнитное поле – самый распространённый вид поля, который может существовать в отрыве от источника.

По временной зависимости величины, характеризующие электромагнитное поле, подразделяются на следующие основные виды: постоянные (не зависящие от времени), гармонические и произвольные периодические колебания, импульсы, шум, модулированные по амплитуде.

Для характеристики периодических электромагнитных колебаний используют следующие параметры:

- среднее квадратическое значение напряженности электрического поля;
- средние квадратические значения напряженности магнитного поля и магнитной индукции;
- средняя плотность потока энергии электромагнитного поля в плоской волне.

Все электромагнитные волны в свободном пространстве распространяются со скоростью света, равной 300 тыс. км/с.

## **10.2 Виды электромагнитных полей**

К ЭМП и ЭМИ относят электромагнитные колебания радиочастотного и оптического диапазонов. Условно к ним также относят статические электрические и постоянные магнитные поля хотя они излучениями не являются.

В спектре **естественных ЭМП** условно выделяют несколько составляющих – это постоянное магнитное поле Земли (геомагнитное поле, ГМП), электростатическое поле и переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от  $10^{-3}$  до  $10^{12}$  Гц. Геомагнитное поле является одним из важнейших факторов окружающей среды. Установлено, что геомагнитные возмущения могут оказывать десинхронизирующее действие на биоло-

гические ритмы и другие процессы в организме. В периоды возникновения геомагнитных возмущений фиксируется увеличение числа инфарктов и инсультов, дорожно–транспортных происшествий и аварий самолетов. При магнитных бурях неблагоприятное воздействие на организм испытывает около 30 % населения.

Величина постоянного ГМП может изменяться на поверхности Земли от 26 мкТл (в районе Риоде–Жанейро) до 68 мкТл (вблизи географических полюсов), достигая максимумов в районах магнитных аномалий (Курская аномалия, до 190 мкТл).

Геомагнитное поле претерпевает изменения с длительными (вековыми) периодами (8000, 600 лет) и с периодами в десятки лет (60, 22, 11 лет), а также короткопериодические суточные вариации. Солнечная активность и межпланетное магнитное поле изменяют электрическое и магнитное поля Земли, тем самым оказывают определённое воздействие на организм человека.

**Статические электрические поля (СЭП)** представляют собой поля неподвижных электрических зарядов, либо стационарные электрические поля постоянного тока. Возникновение зарядов статического электричества может происходить при дроблении, разбрызгивании, газовой выделении веществ, относительном перемещении двух находящихся в контакте твердых тел, сыпучих, жидких и газообразных материалов, при интенсивном перемешивании, кристаллизации и пр.

СЭП создаются в энергетических установках и при электротехнологических процессах. Они могут существовать в виде собственно ЭСП (поля неподвижных зарядов) или стационарных электрических полей (электрические поля постоянного тока).

СЭП достаточно широко используются в народном хозяйстве для электрогазоочистки, электростатической сепарации руд и материалов, электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов и т.д. В ряде производств и технологических процессов по изготовлению, обработке и транспортировке диэлектрических материалов, где отмечается образование электростатических зарядов и полей, вызванных электризацией перерабатываемого продукта (текстильная, деревообрабатыва-



ющая, целлюлозно-бумажная, химическая промышленности и др.). Например, уровни напряженности СЭП на прядильном и ткацком оборудовании достигают 20–60 кВ/м и выше, а в производстве линолеума, пленочных материалов могут превышать 240–250 кВ/м.

Источниками **постоянных магнитных полей (ПМП)** на рабочих местах являются постоянные магниты, электромагниты, линии передач постоянного тока, электролитные ванны, магнитогидродинамические (МГД) генераторы, установки магнитно-резонансной томографии (МРТ) и другие электротехнические устройства. Высокие уровни (10–100 мТл) создаются в салонах транспортных средств на магнитной подушке. Уровни ПМП под высоковольтными линиями передачи постоянного тока составляют порядка 20 мкТл. А в установках магнитного резонанса пациенты подвергаются воздействию ПМП до 2 Тл и более.

**Электромагнитные поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ)**, являющиеся частью сверхнизкочастотного диапазона радиочастотного спектра, наиболее распространены как в производственных условиях, так и в условиях быта. Диапазон промышленной частоты представлен в нашей стране частотой 50 Гц.

Поскольку соответствующая частоте 50 Гц длина волны составляет 6000 км, человек подвергается воздействию фактора в ближней зоне (зоне индукции).

В производственных условиях источниками электрического и магнитного полей промышленной частоты являются силовое и электрораспределительное оборудование, трансформаторы, электропечи и др. мощными источниками магнитного поля в диапазоне 0–1000 Гц является транспорт на электрической тяге – электропоезда, вагоны метрополитена, троллейбусы, трамваи и т.п. Максимальное значение магнитной индукции в пригородных электропоездах достигает 75 мкТл, а среднее её значение на транспорте с электроприводом постоянного тока зафиксировано на уровне 29 мкТл.

Наряду с широким применением в радиосвязи и радиовещании, радиолокации и радиоастрономии, телевидении и медицине **электромагнитные поля радиочастот (ЭМП РЧ)** используются в различных технологических процессах: индукционном

нагреве, термообработке металлов и древесины, сварке пластмасс, создании низкотемпературной плазмы и др. Электромагнитные поля радиочастотной части спектра в зависимости от длины волны и частоты условно подразделяются на 12 диапазонов, таблица 6.

Таблица 6

Международная классификация электромагнитных волн

Номер полосы частоты	Название частотного диапазона	Границы диапазона		Название диапазона длин волн
		частот	длин волн	
1	Крайне низкие, КНЧ	3–30 Гц	100–10 мм	Декамегаметровые
2	Сверхнизкие, СНЧ	30–300 Гц	10–1 мм	Мегаметровые
3	Инфранизкие, ИНЧ	0,3–3 кГц	1000–100 км	Гектокилометровые
4	Очень низкие, ОНЧ	3–30 кГц	100–10 км	Мириаметровые
5	Низкие частоты, НЧ	30–300 кГц	10–1 км	Километровые
6	Средние, СЧ	0,3–3 МГц	1–0,1 км	Гектометровые
7	Высокие частоты, ВЧ	3–30 МГц	100–10 м	Декаметровые
8	Очень высокие, ОВЧ	30–300 МГц	10–1 м	Метровые
9	Ультравысокие, УВЧ	0,3–3 ГГц	1–0,1 м	Дециметровые
10	Сверхвысокие, СВЧ	3–30 ГГц	10–1 см	Сантиметровые
11	Крайне высокие, КВЧ	30–300 ГГц	10–1 мм	Миллиметровые
12	Гипервысокие, ГВЧ	300–3000 ГГц	1–0,1 мм	Децимиллиметровые

Электромагнитное поле характеризуется совокупностью переменных электрического и магнитного составляющих. Различные диапазоны радиоволн объединяет общая физическая природа, но они существенно различаются по заключенной в них энергии, характеру распространения, поглощения, отражения, а вследствие этого – по действию на среду, в том числе и на человека. 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  $I = h \cdot f$  или  $I = (h \cdot c) / \lambda$ , так как между длиной волны ( $\lambda$ ) и частотой ( $f$ ) существует соотношение  $f = c/\lambda$ , где  $c$  – скорость распространения электромагнитной волны в воздухе ( $c=3 \cdot 10^8$  м/с);

$h$  – постоянная Планка, равная  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Вт/см<sup>2</sup>.

Вокруг любого источника излучения электромагнитное поле разделяют на 3 зоны: ближнюю – зону индукции, промежуточную – зону интерференции и дальнюю – волновую зону.

Если геометрические размеры источника излучения меньше длины волны излучения  $\lambda$  (т.е. имеется точечный источник), границы зон определяются следующими расстояниями:

- $R < \lambda/2\pi$  – ближняя зона (индукции);
- $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$  – промежуточная (интерференции);
- $R > 2\pi\lambda$  – дальняя зона (волновая).

### 10.3 Биологическое действие электромагнитных полей

Взаимодействие внешних ЭМП с биологическими объектами происходит путем наведения внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека зависит от целого ряда параметров, таких как размер, форма, анатомическое строение тела, электрические и магнитные свойства тканей (диэлектрическая и магнитная проницаемости и удельная проводимость), ориентация тела относительно векторов электрического и магнитного полей, а также от характеристик ЭМП.

**Биологическое действие ослабленного геомагнитного поля (ГМП).** Наличие естественных ЭМП (ГМП) в окружающей среде является необходимым для осуществления нормальной жизнедеятельности, а их отсутствие или дефицит могут приводить к негативным последствиям для живого организма.

Установлено, что при ослаблении ГМП в 2–5 раз относительно естественного МП наблюдается увеличение на 40% количества заболеваний у людей, работающих в экранированных помещениях. При нахождении человека в искусственных гипогеомагнитных условиях отмечаются изменения психики, появляются нестандартные идеи, образы.

Результаты клинико–физиологического обследования работающих в экранированных помещениях, проведённых ИБФ МЗ и НИИ МТ РАМН, свидетельствуют о развитии у них ряда функциональных изменений в ведущих системах организма. Со стороны центральной нервной системы выявлены признаки дисбаланса основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистонии мозговых сосудов с наличием регуляторной межполушарной асимметрии, отмечено возрастание амплитуды нормального физиологического тремора, удлинение времени реакции на появляющийся объект в режиме непрерывного аналогового слежения, снижение критической частоты слияния световых мельканий.

Нарушения механизмов регуляции вегетативной нервной системы проявляются в развитии функциональных изменений со стороны сердечно–сосудистой системы в виде лабильности пульса и артериального давления, нейроциркуляторной дистонии гипертензивного типа, нарушения процесса реполяризации миокарда.

**Биологическое действие электростатических полей (ЭСП).** ЭСП – фактор, обладающий сравнительно низкой биологической активностью. В 1960–е годы биологическое действие ЭСП связывали с электрическими разрядами, возникающими при контакте человека с заряжёнными или незаземлёнными предметами. Именно с ним связывали возможное развитие невротических реакций, в том числе фобий. В последующие годы ученые пришли к выводу, что ЭСП само по себе обладает биологической активностью. Выявляемые у работающих в условиях воздействия ЭСП нарушения носят, как правило, функциональный характер и укладываются в рамки астеноневротического синдрома и вегетососудистой дистонии. В симптоматике преобладают субъективные жалобы невротического характера (голодная боль, раздражительность, нарушение сна, ощущение «удара током» и т.п.)

**Биологическое действие ПМП.** Живые организмы весьма чувствительны к воздействию ПМП. Отечественными исследователями описаны изменения в состоянии здоровья у лиц, работающих с источниками ПМП. Наиболее часто они проявляются в форме вегетодистоний, астеновегетативного и перифери-

ческого вазовегетативного синдромов или их сочетания. Характерны субъективные жалобы астенического характера, функциональные сдвиги со стороны сердечно–сосудистой системы (брадикардия, иногда тахикардия, изменение на ЭКГ зубца Т), тенденция к гипотонии. Принято считать, что наиболее чувствительными к воздействию ПМП являются системы, выполняющие регуляторные функции (нервная, сердечно–сосудистая, нейроэндокринная и др.).

**Биологическое действие ЭМП ПЧ.** Установлено, что длительное воздействие ЭМП ПЧ на человека приводит к головной боли в височной и затылочной областях, вялости, расстройству сна, снижению памяти, внимания, раздражительности, апатии, болям в сердце. Хроническое воздействие ЭМП ПЧ приводит к нарушению режима и замедлению частоты сердечных сокращений, расстройству работы желудочно–кишечного тракта. Неврологические нарушения проявляются в повышении сухожильных рефлексов, треморе век и пальцев рук, асимметрии кожной температуры.

Российскими учёными доказано увеличение лейкозов у детей, проживающих вблизи линий электропередач промышленного тока, и опухолей мозга у рабочих «электрических» профессий.

Таблица 7

Биологические эффекты эквивалентные плотности тока

Плотность тока, мА/м <sup>2</sup>	Эффекты воздействия
1–10	Минимальные эффекты, не представляющие опасности для человека
10–100	Выраженные эффекты – зрительные и со стороны нервной системы
100–1000	Стимуляция возбудимых структур, возможно неблагоприятное влияние на здоровье
>1000	Возможны extrasystolia, фибрилляция желудочков сердца (острое поражение)

Зарубежные учёные подтвердили более частые онкологические заболевания людей, подолгу пребывающих вблизи линий высоковольтной электропередачи, и связывают их с концентри-

рованием атмосферного радона этими линиями.

Зависимость биоэффектов от плотности наведённых ЭП и МП ПЧ положена в основу разработанных по заданию ВОЗ Международных временных рекомендаций по ПДУ ЭП и МП ПЧ 50/60 Гц. Эта зависимость представлена в таблице 7.

**Биологическое действие ЭМП РЧ.** Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависят от формы и размеров облучаемого объекта, от соотношения этих размеров с длиной волны излучения. С этих позиций в спектре ЭМП РЧ можно выделить 3 области: ЭМП с частотой до 30 МГц, ЭМП с частотой более 10 ГГц и ЭМП с частотой 30 МГц – 10 ГГц. Для первой области характерно быстрое падение величины поглощения с уменьшением частоты (приблизительно пропорционально квадрату частоты). Отличительной особенностью второй является очень быстрое затухание энергии ЭМП при проникновении внутрь ткани: практически вся энергия поглощается в поверхностных слоях биоструктур. 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 локальных 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.

Биологическое действие ЭМП зависит от длины волны (или частоты излучения), режима генерации (непрерывный, импульсный), условий воздействия на организм (постоянное, прерывистое; общее, местное; интенсивность; длительность), площади облучаемой поверхности, индивидуальных особенностей человека, наличия неблагоприятных факторов производственной среды.

Формы проявления биологического эффекта от воздействия ЭМИ на организм различны, т.к. ткани живого организма в зависимости от частоты воздействующего облучения ведут се-

бя то как диэлектрик, то как проводник.

Низкочастотные колебания возбуждают в организме электрические токи той же частоты – тело ведёт себя как хороший проводник, а результат действия будет зависеть от силы тока. С увеличением частоты облучаемой энергии возрастает глубина проникновения электромагнитных волн и поглощение мощности. Ткани всё более проявляют диэлектрические свойства, а основной эффект воздействия выражается в нагреве.

Наиболее изучено тепловое действие СВЧ–излучения. Энергия СВЧ–излучения, в первую очередь, поглощается молекулами с электромагнитными свойствами. Это молекулы воды, содержащиеся в крови лимфе, мышцах, внутренних органах живого организма. Поглощённая водой электромагнитная энергия превращается в тепловую, нагревая клетку, ткань, орган. Особенностью нагрева организма при действии СВЧ–излучения является то, что температура тела повышается изнутри – сначала разогреваются глубокие ткани и после этого тепло передаётся подкожным слоям и коже. При естественных же источниках тепла (огонь, искра, нагретый предмет) первична температура на коже, затем передающаяся внутренним органам.

Тепловой эффект осложняется последующими биоэффектами в клетках и тканях, резонансным эффектом, приводящими к разрушениям ДНК, нарушениям солевого обмена.

Тепловое воздействие распространяется на центральную нервную систему. Нарушается работа эндокринной, иммунной, сердечно–сосудистой, дыхательной систем. На поздних стадиях наступают признаки энергетического истощения и угнетения центров головного мозга.

При хроническом воздействии СВЧ–излучений развивается радиоволновая болезнь с нарушением функции всех регуляторных систем, в результате чего резко падает производительность труда и наблюдаются нарушения психики. Основными симптомами радиоволновой болезни являются: тупая ноющая, весьма стойкого характера головная боль, нарушение сна, повышенные раздражительность и нервозность, беспричинное беспокойство, необоснованная вспыльчивость и резкость в обращении с окружающими. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Ра-

диоволновую болезнь относят к профессиональным заболеваниям для лиц, работающих с источниками СВЧ–излучений. В пределах радиоволнового диапазона наибольшей биологической активностью обладают СВЧ–поля по сравнению с ВЧ и УВЧ.

#### 10.4 Гигиеническое нормирование ЭМП

Гигиенические нормативы на параметры ЭМП устанавливаются в зависимости от следующих факторов:

- отношения подвергающегося воздействию ЭМП человека к источнику излучения (профессиональное, непрофессиональное);

- частоты электромагнитного излучения;

- характера временного воздействия электромагнитного поля (постоянное или прерывистое);

- места положения (области тела), подвергаемые воздействию (общее–всё тело и локальное – кисти рук, верхний плечевой пояс, конечности).

Интенсивность **геомагнитного поля** оценивают в единицах напряженности магнитного поля ( $H$ , А/м) или в единицах магнитной индукции ( $B$ , Тл).

Коэффициент ослабления интенсивности ГМП ( $K_{ГМП}$ ) внутри экранированного объекта, помещения, технического средства равен отношению интенсивности ГМП открытого пространства ( $H_0$  или  $B_0$ ) к интенсивности внутреннего магнитного поля на рабочем месте ( $H_B$  или  $B_B$ ) и в течение смены не должен превышать 2.

Уровень **электростатического поля (ЭСП)** оценивают в единицах напряженности электрического поля ( $E$ , кВ/м) в зависимости от времени его воздействия на работника за смену.

ПДУ напряженности ЭСП ( $E_{ПДУ}$ ) при воздействии <1 ч за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При воздействии ЭСП более 1 ч за смену  $E_{ПДУ}$  определяется по формуле:  $E_{ПДУ} = 60/t^{1/2}$ , где  $t$ –время воздействия, ч.

В диапазоне напряженностей 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты  $t_{доп}$  определяется по формуле:  $t_{доп} = (60/E_{факт})^2$ , где  $E_{факт}$ –измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания



ния персонала в электрических полях регламентируется.

Нормирование и гигиеническая оценка **постоянного магнитного поля (ПМП)** осуществляется по его уровню дифференцировано в зависимости от времени воздействия на работника в течение смены с учетом условий общего (на все тело) или локального (кисти рук, предплечье) облучений. Уровни ПМП оценивают в единицах напряжённости магнитного поля  $H$  (кА/м) или в единицах магнитной индукции  $B$  (мТл), таблица 8.

Таблица 8

ПДУ воздействия ПМП на работающих

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряжённости, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряжённости, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
61–480	8	10	8	10
11–60	16	20	24	30
0–10	24	30	40	50

Нормирование электрической составляющей  $E$  **электромагнитного поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ)** на рабочих местах дифференцируется в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

Предельно допустимый уровень ЭП ПЧ для полного рабочего дня составляет 5 кВ/м, а максимальный ПДУ для воздействий не более 10 мин – 25 кВ/м. В интервале интенсивностей 5–20 кВ/м допустимое время пребывания определяется по формуле:  $T = 50/E - 2$ , где  $T$  – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряжённости ( $\text{ч}$ );  $E$  – напряжённость воздействующего ЭП в контролируемой зоне (кВ/м).

Пребывание в ЭП с напряжённостью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

ПДУ напряжённости периодического (синусоидального) **магнитного поля (МП) промышленной частоты** на рабочих местах устанавливаются для условий общего (на все тело) и ло-

кального (на конечности) воздействий, таблица 9.

Таблица 9

ПДУ периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н (А/м)/В (мкТл) при воздействии	
	общем	локальном
1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/000

Допустимая напряженность МП внутри временных интервалов определяется в соответствии с кривой интерполяции, приведенной в СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». Допустимое время пребывания может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня.

Оценка и нормирование ЭМП в диапазоне частот 10 кГц – 30 кГц осуществляются раздельно по напряжённости электрического  $E$ , В/м, и магнитного  $H$ , А/м, полей в зависимости от времени воздействия. ПДУ напряжённости электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляют 500 В/м и 50 А/м соответственно. ПДУ напряжённости электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до 2 ч за смену составляют 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Оценка и нормирование ЭМП в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по показателям: энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем ( $E$ ):  $\mathcal{E}_E = E^2 \cdot T$ , (В/м)<sup>2</sup>·ч и энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем ( $H$ ):  $\mathcal{E}_H = H^2 \cdot T$ , (А/м)<sup>2</sup>·ч, где  $T$  – время воздействия за смену, ч.

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц рассчитывается по формуле:  $\mathcal{E}_{ППЭ} = ППЭ \cdot T$ , где ППЭ – плотность потока энергии (Вт/м<sup>2</sup>).

ПДУ энергетических экспозиций на рабочих местах за смену представлены в таблице 10.

Таблица 10

## ПДУ энергетических экспозиций ЭМП за рабочую смену

Параметр	ЭЭ <sub>ПДУ</sub> , в диапазонах частот (МГц)				
	≥0,03– 3,0	≥3,0– 30,0	≥30,0– 50,0	≥50,0– 300,0	≥300,0– 300000,0
ЭЭ <sub>Е</sub> , (В/м) <sup>2</sup> ·ч	20000	7000	800	800	–
ЭЭ <sub>Н</sub> , (А/м) <sup>2</sup> ·ч	200	–	0,72	–	–
ЭЭ <sub>ППЭ</sub> , (мкВт/см <sup>2</sup> )·ч	–	–	–	–	200

Максимально допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, приведенных в таблице 11.

Таблица 11

## Максимальные ПДУ напряженности и ППЭ ЭМП

Параметр	ЭЭ <sub>ПДУ</sub> , в диапазонах частот (МГц)				
	≥0,03– 3,0	≥3,0– 30,0	≥30,0– 50,0	≥50,0– 300,0	≥300,0– 300000,0
Е, В/м	500	300	80	80	–
Н, А/м	50	–	3	–	–
ППЭ мкВт/см <sup>2</sup>	–	–	–	–	1000 5000*

**Примечание:**\*для условий локального облучения кистей рук.

Согласно ГОСТ 12.1.006–84 (1999) «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» не подлежат контролю используемые в условиях производства источники ЭМП, если они не работают на открытый волновод, антенну или другой элемент, предназначенный для излучения в пространство, и их максимальная мощность согласно паспортным данным не превышает: 5,0 Вт (в диапазоне частот ≥30кГц–3 МГц); 2,0 (≥3 МГц–30 МГц); 0,2 Вт (≥30 МГц–300 ГГц).

Измерения уровней ЭМП в диапазоне частот ≥10кГц–300 ГГц должны проводиться для всех рабочих режимов установок при максимальной используемой мощности. В случае измерений при неполной излучаемой мощности выполняется перерасчёт до уровней максимального значения путём умножения из-

меренных значений на соотношение  $W_{max}/W$ , где  $W_{max}$  – максимальное значение мощности;  $W$  – мощность при проведении измерений.

### **10.5 Профилактические мероприятия**

Мероприятия по защите биологических объектов от ЭМП подразделяют на организационные, инженерно–технические и лечебные–профилактические.

К основным организационным мерам относят: нормирование параметров ЭМ воздействий, периодический контроль облучаемости, рациональное размещение источников и приёмников излучения (территориальный разнос), ограничение времени пребывания в ЭМП, создание санитарно–защитных зон, предупредительные надписи и знаки.

К основным инженерно–техническим мерам относят: уменьшение мощности излучения непосредственно в источнике и электрогерметизация элементов схем блоков, узлов установки в целом; защита рабочего места или удаление его на безопасное расстояние от источника; применение отражающих и поглощающих экранов, средств индивидуальной защиты.

Лечебно–профилактические мероприятия направлены на раннее выявление признаков неблагоприятного воздействия ЭМП. Для лиц, работающих в условиях воздействия ЭМП УВЧ и ВЧ–диапазонов (средние, длинные и короткие волны) необходимы периодические медицинские осмотры с периодичностью 1 раз в 24 месяца.

#### ***Контрольные вопросы***

1 Неионизирующее излучение в промышленности. Источники излучения.

2 Физико–гигиеническая характеристика электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ). Классификация ЭМП радиочастот. Биологическое действие ЭМП РЧ.

3 Гигиеническая оценка условий труда при воздействии ЭМП. Классы условий труда при действии неионизирующего излучения.

4 Методика измерения интенсивности электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

5 Профилактические мероприятия и меры защиты при ра-

боте с источниками электромагнитного излучения.

*Литература* [18, 21, 35, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50].

## **11 лекция Ионизирующее излучение**

### **11.1 Общие сведения**

Ионизирующим называется излучение, которое, проходя через среду, вызывает ионизацию или возбуждение молекул среды. Ионизирующее излучение (ИИ), так же как и электромагнитное, не воспринимается органами чувств человека. Поэтому особенно опасно, так как человек не знает, что он подвергается его воздействию.

Различают естественные и искусственные источники ионизирующего излучения. Природное ИИ присутствует повсюду. Оно поступает из космоса в виде космических лучей. Оно есть в воздухе в виде излучений радиоактивного радона и его вторичных частиц. Радиоактивные изотопы естественного происхождения проникают во все живые организмы и остаются в них. Ионизирующего излучения невозможно избежать. Естественный радиоактивный фон существовал на Земле всегда, и жизнь зародилась в поле его излучений, а затем – много–много позже – появился и человек. Эта природная (естественная) радиация сопровождает нас в течение всей жизни. Космическое излучение и радиоактивные вещества, находящиеся в окружающей нас среде, являются источниками **внешнего излучения**. Радиоактивные вещества, содержащиеся в теле человека или поступающие в организм с вдыхаемым воздухом, пищей или водой, обуславливают **внутреннее облучение**.

Физическое явление радиоактивности было открыто в 1896 г. А. Беккерелем и сегодня оно широко применяется во многих областях.

Источники ионизирующих излучений применяют для контроля качества сварных соединений, борьбы со статическим электричеством, дефектоскопии металлов, определения уровня агрессивных сред в замкнутых объёмах и др. Их используют в сельском хозяйстве, атомной энергетике, медицине и геологической разведке. Знаки «выхода» в зданиях и самолётах благодаря содержанию радиоактивного трития светятся в темноте в случае внезапного отключения электричества. Многие приборы пожар-

ной сигнализации в жилых домах и общественных зданиях содержат радиоактивный америций.

Различают ИИ электромагнитное (фотонное) и корпускулярное. К первому виду относятся рентгеновское и гамма-излучение; второй вид представляет собой поток частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета-частиц, протонов, нейтронов и др.).

Наиболее известны альфа-частицы (представляющие собой ядра гелия и состоящие из двух протонов и двух нейтронов), бета-частицы (представляющие из себя электрон) и гамма-излучение (представляющее кванты электромагнитного поля определенного диапазона частот). Альфа-частица тяжёлая и обладает высокой энергией, это ядро атома гелия. Бета-частица примерно в 7336 раз легче альфа-частицы, но может обладать также высокой энергией. Бета-излучение – это потоки электронов и позитронов. Частота волны рентгеновского излучения составляет  $1,5 \cdot 10^{17} \dots 5 \cdot 10^{19}$  Гц, а гамма-излучения – более  $5 \cdot 10^{19}$  Гц.

$\alpha$ -излучение – это поток положительно заряженных частиц ядер атомов гелия, скорость которых составляет примерно 20000 км/с. Этот поток обладает большой ионизирующей способностью. Длина пробега частиц в воздухе составляет примерно 10 см, а в других средах ещё меньше. Из-за высокой ионизирующей способности  $\alpha$  – частицы крайне опасны при попадании внутрь организма, а также для глаз и слизистых оболочек.

$\beta$ -излучение – это поток отрицательно заряженных частиц (электронов), скорость которого достигает скорости света. Проникающая способность этих частиц выше, чем у  $\alpha$ -частиц, но ионизирующая способность ниже, чем  $\alpha$ -излучения.

Нейтронное излучение – поток нейтральных (незаряженных) частиц с массой, близкой к массе атома водорода. Различают медленные нейтроны (с энергией менее 0,5 кэВ), промежуточные нейтроны (от 0,5 до 200 кэВ) и быстрые нейтроны (200 кэВ до 20 МэВ).

Фотонное излучение – это поток электромагнитных колебаний, которые распространяются в вакууме с постоянной скоростью 300000 км/с. К нему относятся  $\gamma$ -излучение и рентгеновское излучение. Различие между ними определяются условиями

образования, а также длиной волны и энергией. Характерной особенностью данного вида излучения является большая глубина проникновения и малая ионизирующая способность (меньше чем  $\alpha$  и  $\beta$  – излучения).

Ионизирующие излучения имеют ряд общих свойств, два из которых являются наиболее важными: способность проникать через материалы различной толщины; ионизировать воздух и живые клетки организма.

Мерой радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, является активность:  $A = dN/dt$ , где  $dN$  – ожидаемое значение числа спонтанных ядерных переходов с данного уровня энергии за отрезок времени  $dt$ . Единицей активности является беккерель (Бк), 1 Бк равен одному распаду в секунду. Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Время, в течении которого распадается в среднем половина исходных атомов, называется периодом полураспада  $T_{1/2}$ . Период полураспада связан с постоянной распада  $\lambda$  соотношением:  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$ .

Зависимость активности от времени описывается выражением:  $A(t) = \lambda \cdot N(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot 2^{-(t/T_{1/2})}$ , где  $A_0$  – активность в начальный момент времени,  $A_0 = \lambda \cdot N_0$ , где  $N_0$  – число радиоактивных атомов в начальный момент времени.

## 11.2 Дозиметрические единицы

Основным параметром, характеризующим поражающее действие проникающей радиации, является доза излучения.

Доза излучения – это количество энергии ионизирующих излучений, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Различают экспозиционную, поглощенную, эквивалентную и эффективную дозы.

Экспозиционная доза  $D_x$  представляет собой отношение полного заряда  $Q$  ионов одного знака, возникающих в малом объеме воздуха к массе  $m$  воздуха в этом объеме (обычно берут отношение компонентов  $dQ$  и  $dm$ ):  $D_x = dQ/dm$ . За единицу  $D_x$  принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Применяют и внесистемную единицу рентген (Р),  $1Р = 2,58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг.

Биологическое действие ИИ на живой организм определяется поглощенной дозой излучения  $D_{полг}$ , представляющей собой

отношение средней энергии  $dE$ , переданной излучением веществу в элементарном объёме:  $D_{\text{пол}}=dE/dm$ . Единицей поглощённой дозы является грей (Гр),  $1\text{Гр}=1\text{ Дж/кг}$ . Применяется также единица рад,  $1\text{рад}=0,01\text{ Гр}$ .

Для наглядного представления о величине энергии равной 1 Дж вспомним, что 1 Дж – это кинетическая энергия, которую приобретает тело массой 100 г при свободном падении с высоты, равной 1 м, или 1 Дж – это энергия, которая необходима, чтобы повысить температуру 1 г воды на  $0,24\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Поглощённая доза является основной дозиметрической величиной, характеризующей не самоизлучение, а его воздействие на вещество.

Поглощённая доза не отражает в полной мере действия ИИ на живой организм, так как биологический эффект зависит не только от величины поглощённой энергии, но и от ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения в организме, плотность ионизации, дробность облучения, мощность дозы и др.). Плотность ионизации является главным фактором, поскольку число пар ионов, образованных на единицу пути, в веществе у  $\alpha$ -частиц существенно больше, чем у  $\beta$ -частиц (электронов), то биологический эффект при одной и той же дозе (величине поглощённой энергии) будет больше при облучении  $\alpha$ -частицами, чем  $\beta$ -частицами или  $\gamma$ -излучением.

Действие ИИ на организм зависит от пространственного распределения поглощённой энергии, характеризуемого линейной передачей энергии заряженных частиц в среде.

Радиационную опасность хронического действия излучения произвольного состава оценивают по эквивалентной дозе  $D_{\text{экв}}$  облучения, определяемой как произведение поглощённой дозы на средний коэффициент качества  $K_k$  излучения в данной точке ткани:  $D_{\text{экв}}=D_{\text{пол}} \cdot K_k$ . Измеряют эквивалентную дозу в зивертах ( $\text{Зв}=\text{Дж/кг}$ ). Применяют также биологический эквивалент рада (бэр),  $1\text{ бэр}=0,01\text{ Зв}$ . Зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощённая доза равна 1 Гр и коэффициент  $K_k=1$ . Отнесённые к единице времени поглощённая экспозиционная и эквивалентная дозы представляют собой мощности соответствующих доз.



Коэффициент качества  $K_k$ , используемый для сравнения биологического действия различных видов излучения при обосновании радиационной защиты, – безразмерный параметр, который характеризует зависимость неблагоприятных последствий облучения человека в малых дозах от полной линейной передачи энергии излучения.

Значения  $K_k$  для некоторых видов излучения при длительном облучении всего тела следующие: фотоны, электроны и ионы любых энергий – 1; нейтроны с энергией от 10кэВ до 100 кэВ и 2 МэВ до 20 МэВ – 10, от 100 кэВ до 2 МэВ – 20, менее 10 кэВ и более 20 МэВ – 5;  $\alpha$ -частицы, осколки деления, тяжёлые ядра – 20.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для  $R$  видов излучения:  $D_{э\text{кв}} = \sum D_{э\text{кв}} \cdot R$ .

В ряде случаев облучению подвергается не всё тело, а один или несколько органов. Такая ситуация чаще всего реализуется при внутреннем облучении, т.е. при поступлении радионуклидов в организм с вдыхаемым воздухом или пищевыми продуктами. Радионуклид, как и неактивный нуклид данного химического элемента, накапливается в том или ином органе. В частности радионуклиды йода поступают преимущественно в щитовидную железу, радия и стронция – в костную ткань, полония – в печень, селезёнку, почки и т.д.

Поскольку органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки риска возникновения отдалённых последствий при облучении всего организма или отдельных органов используется понятие эффективной эквивалентной дозы ( $E$ ). Единица этой дозы – зиверт (Зв). Она также как и эквивалентная доза применима только для хронического облучения в малых дозах и является мерой оценки ущерба для здоровья по выходу отдалённых последствий.

По определению:  $E = \sum D_{э\text{кв}} \cdot W_T$ , а  $\sum W_T = 1$ , где  $D_{э\text{кв}}$  – эквивалентная доза в органе или ткани  $T$ ;  $W_T$  – взвешивающий коэффициент для органа или ткани  $T$ , который характеризует относительный риск на единицу дозы по выходу отдалённых последствий при облучении данного органа по отношению к облуче-

нию всего тела. Значения  $W_T$  для различных видов излучения составляют: гонады – 0,20; красный костный мозг, лёгкие, толстый кишечник, желудок – 0,12; молочные железы женщин, щитовидная железа, печень, пищевод, мочевого пузыря – 0,05; клетки костных поверхностей, кожа – 0,01; прочие органы – 0,05.

Из представленных данных следует, что при облучении например, только щитовидной железы ( $W_T=0,05$ ) эффект по отдалённым последствиям будет составлять всего 5 % от того эффекта, который может быть реализован при облучении всего тела. Соответственно он равен 20 % для гонад, 12 % для лёгких и т.д.

### **11.3 Биологическое действие ИИ**

Радиоактивные излучения разного типа с разным энергетическим спектром характеризуются разной проникающей и ионизирующей способностью. Эти свойства определяют характер их воздействия на живое вещество биологических объектов.

При изучении действия излучения на организм были определены следующие особенности:

- высокая эффективность поглощенной энергии. Малые количества поглощенной энергии вызывают глубокие биологические изменения в организме;

- наличие скрытого (инкубационного) периода. Этот период называют периодом мнимого благополучия. Продолжительность часто его сокращается при облучении в больших дозах;

- действие от малых доз может суммироваться или накапливаться. Этот эффект называется кумуляцией;

- излучение воздействует не только на данный живой организм, но и на его потомство. Это так называемый генетический эффект;

- различные органы живого организма имеют свою чувствительность к облучению. При ежедневном воздействии дозы 0,002 – 0,005 Гр уже наступают изменения в крови;

- не каждый организм в целом одинаково реагирует на облучение;

- облучение зависит от частоты. Одноразовое облучение в большой дозе вызывает более глубокие последствия, чем фракционированное.

ИИ при воздействии на организм приводит к сложным физическим, химическим и биологическим процессам в тканях. При этом происходит ионизация атомов и молекул живой материи, в частности молекул воды, содержащихся в органах и тканях, что ведёт к нарушению нормального течения биологических процессов и обмена веществ в организме. Поглощённые дозы излучения и индивидуальные особенности организма определяют обратимые и необратимые процессы в нём. При малой дозе поражённая ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Длительное воздействие доз, превышающих предельно допустимые, вызывает необратимые поражения отдельных органов или всего организма, проявляемые в хронической форме лучевой болезни. отдалёнными последствиями лучевого поражения могут быть лучевые катаракты, злокачественные опухоли и др.

Биологические изменения в организме вызывает любой вид ИИ как при внешнем (источник находится вне организма), так и при внутреннем облучении (радиоактивные вещества поступили через органы дыхания или ротовую полость в организм). При однократном облучении всего тела в зависимости от суммарной поглощённой дозы излучения возможны следующие биологические нарушения:

до 0,25 Гр (25 Бэр) – видимых нарушений нет;

0,25 – 0,50 Гр (25–50 Бэр) – возможны изменения в крови;

0,50–1,00 Гр (50–100 Бэр) –изменения в крови, нарушается нормальное состояние, трудоспособность;

1,00–2,00 Гр (100–200 Бэр) –лёгкая форма лучевой болезни, скрытый период до 1 месяца, слабость, головная боль, тошнота, восстановление крови через 4 месяца;

2,00–3,00 Гр (200–300 Бэр) –средняя форма лучевой болезни, через 2–3 часа признаки легкой формы лучевой болезни, расстройство желудка, депрессия, нарушения сна, повышение температуры, кровотечение из десен, колики, кровоизлияние, восстановление через 6 месяцев. Возможен смертельный случай;

3,00–5,00 (300–500 Бэр) – тяжёлая форма лучевой болезни, через час неукротимая рвота, все признаки лучевой болезни проявляются резко: озноб, отказ от пищи. Смерть в течение ме-

сяца составляет 50–60% от облучённых;

более 5,00 Гр (более 500 Бэр) – крайне тяжёлая форма лучевой болезни, через 15 мин. неукротимая рвота с кровью, потеря сознания, понос, непроходимость кишечника. Смерть наступает в течении 10 суток (100 % от общего числа пострадавших).

При облучении в 100–1000 раз превышающую смертельную, человек погибнет во время облучения: «смерть под лучом».

С увеличением мощности дозы и времени облучения поражающее действие излучения возрастает; фракционирование дозы облучения во времени снижает его поражающее действие.

В зависимости от **радиочувствительности** органы человека разделены на 3 группы: I – все тело, красный костный мозг, гонады; II – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезёнка; III – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени, стопы.

Различают следующие эффекты воздействия ИИ на организм человека: соматические эффекты – острая лучевая болезнь, местные лучевые поражения; сомато–стохастические эффекты – злокачественные опухоли, нарушения развития плода, сокращение продолжительности жизни; генетические эффекты – генные мутации, хромосомные aberrации.

В зависимости от условий облучения могут наблюдаться острая и хроническая форма **лучевой болезни**. Хроническая лучевая болезнь формируется постепенно при длительном облучении дозами, превышающими ПД для профессионального облучения. Она подразделяется на три степени:

I степень– характеризуется нервно–регуляторными нарушениями сердечно–сосудистой системы и нестойкими изменениями в формуле крови;

II степень– наблюдается углубление нервно–регуляторных нарушений с появлением функциональной недостаточности пищеварительных желез, сердечно–сосудистой и нервной систем, нарушение некоторых обменных процессов, стойкими изменениями в формуле крови;

III степень– развивается анемия, возникают атрофические процессы в слизистой желудочно–кишечного тракта.

Острая лучевая болезнь наблюдается при общем кратко-

временном облучении в дозах 1 Гр и более. По тяжести поражения различают четыре степени острой лучевой болезни:

I степень (лёгкая)– развивается при дозе излучения от 1 до 2 Гр; первая реакция наблюдается через 2–3 часа после облучения у 30–50% пострадавших; характер первичной реакции – не- сильная тошнота с одно–двукратной рвотой, стихает в день воз- действия, длительность латентного периода составляет 4–5 недель; период разгара болезни характеризуется умеренным из- менением в формуле крови. Прогноз: 100% выздоровление даже при отсутствии лечения.

II степень (средняя)– возникает при дозе 2–4 Гр; первич- ная реакция наступает через 1–2 часа у 70–80% пострадавших, длится до 1 суток: характер первичной реакции – рвота 2–3 раза, слабость, недомогание, порой температура; длительность ла- тентного периода составляет 3–4 недели; период разгара харак- теризуется сильной лейко–и тромбоцитопией, кровоточивостью, астеническим синдромом, возможны инфекционные осложне- ния, а при дозе от 3 Гр и выше – эпилепсия. Прогноз: выздоров- ление у 100% при лечении.

III степень (тяжёлая) – наблюдается при дозе 4–6 Гр; пер- вичная реакция наступает через 20–40 минут и длится до 2–х су- ток; характер первичной реакции – многократная рвота, значи- тельное недомогание, температура тела до 38 °С; длительность латентного периода до 10–20 суток, однако уже с первой недели возможно поражение слизистой рта и зева, эритема кожи; вто- ричная реакция (2–3 недели) характеризуется резким падением количества гранулоцитов и тромбоцитов, лихорадкой, тяжелы- ми инфекционными геморрагическими осложнениями. Прогноз: выздоровление возможно у 50–80% при лечении.

IV степень (крайне тяжёлая) развивается при дозе от 6–10 Гр; первичная реакция выражена через 20–30 минут, длится до 3–4 суток: характер первичной реакции – эритема кожи и слизи- стых, жидкий стул, температура тела 38 °С и выше: латентный период выражен нечетко, к 3–4 суткам сохраняется слабость , быстрая утомляемость; в период разгара (с 8–12 суток) развива- ется тяжелое поражение органов кроветворения, могут выяв- ляться кишечные нарушения, жидкий стул т.п. Прогноз: выздо- ровление возможно у 30–50% пострадавших при условии ранне-

го лечения.

#### **11.4 Нормы радиационной безопасности**

Основными юридическими документами, регламентирующим требования Федерального закона «О радиационной безопасности населения» в форме основных пределов доз, допустимых уровней воздействия ИИ и других требований по ограничению облучения человека являются СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009» и СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010».

НРБ распространяются на следующие виды воздействия ИИ на человека:

- в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
- в результате радиационной аварии;
- от природных источников излучения;
- при медицинском облучении.

В соответствии с рекомендациями МКРЗ (Международная комиссия по радиационной защите) числовые значения основных дозовых пределов установлены на уровнях меньше порога возникновения всех вредных детерминированных (нестохастических) эффектов облучения. При этих уровнях вероятность возникновения стохастических эффектов настолько мала, что социально–психологически приемлема для отдельных лиц и для общества в целом.

Снижение дозы облучения до возможно низкого уровня осуществляется системой контрольных уровней и регламентируемым порядком их использования. Контрольные уровни – это значения дозовых пределов и допустимых уровней, устанавливаемых руководством учреждения и местными органами Роспотребнадзора в целях снижения радиационного воздействия на персонал, население и объекты окружающей среды, исходя из достигнутого уровня радиационной безопасности.

Требования НРБ–99/2009 и ОСПОРБ 99/2010 не распространяются на источники излучения, создающие при любых условиях обращения с ними:

- индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10мкЗв;

– индивидуальную годовую эквивалентную дозу в коже не более 50мЗв и в хрусталике глаз не более 15 мЗв;

– коллективную эффективную годовую дозу не более 1 чел.–Зв, либо когда при коллективной дозе более 1 чел.–Зв оценка по принципу оптимизации показывает нецелесообразность снижения коллективной дозы.

Требования НРБ–99/2009 и ОСПОРБ 99/2010 не распространяются также на космическое излучение на поверхности Земли и внутреннее облучение человека, создаваемое природным калием, на которые практически невозможно влиять.

При установлении основных дозовых пределов нормами радиационной безопасности (НРБ–99/2009) выделены следующие категории облучаемых лиц:

– персонал (группы А и Б);

– всё население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

К категории А относятся лица, которые непосредственно работают с радиоактивными веществами и источниками ИИ.

К категории Б отнесены лица, которые не работают непосредственно с радиоактивными веществами и источниками ИИ, но по размещению рабочих мест и условиям проживания могут подвергаться радиационному воздействию. Таким образом, к категории Б относятся работники вспомогательных или административно–хозяйственных подразделений, дислоцирующихся в санитарно–защитной зоне данного предприятия или учреждения или в помещениях смежных с теми, где ведутся работы с радиоактивными веществами и эксплуатируются источники ИИ.

К категории Б также относится часть населения, проживающая в зоне наблюдения, т.е. на территории, где возможно влияние радиоактивных сбросов и выбросов предприятия (учреждения) и где облучение проживающего населения может достигать установленного предела дозы. На территории зоны наблюдения также проводится систематический радиационный контроль.

В таблице 12 приведены основные дозовые пределы облучения. Основные дозовые пределы облучения персонала и населения, указанные в таблице, не включают в себя дозы от при-

родных и медицинских источников ИИ, а также дозы, полученные в результате радиационных аварий. На эти виды облучения в НРБ–99/2009 устанавливаются специальные ограничения.

Таблица 12

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в:		
хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

В таблице 12 основные пределы доз для персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А.

Помимо дозовых пределов облучения в НРБ–99/2009 устанавливаются допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении, пределы годового поступления радионуклидов, допустимые уровни загрязнения рабочих поверхностей и т.д., которые являются производными от основных дозовых пределов.

Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновения детерминированных эффектов (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, аномалии развития плода и др.); вероятность стохастических эффектов (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни) сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Детерминированные эффекты излучения – биологические эффекты излучения, в отношении которых предполагается существование порога, выше которого тяжесть эффекта зависит от дозы.

Стохастические эффекты излучения – вредные биологические эффекты излучения, не имеющие дозового порога. Прини-



мается, что вероятность возникновения этих эффектов пропорционально дозе, а тяжесть их проявления не зависит от дозы.

Эффективная доза для персонала за период трудовой деятельности (50 лет) не должна превышать 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв. При однократном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать установленных пределов доз, таблица. 12. Для женщин из персонала моложе 45 лет вводятся ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно превышать 1/20 предела годового поступления для персонала. Эквивалентная доза облучения плода за 2 месяца не выявленной беременности не должна превышать 1 мЗв. При установлении беременности женщин из персонала они должны быть переведены на другую работу, не связанную с излучением. Для студентов в возрасте до 21 года, проходящих обучение с источниками ионизирующего излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для лиц из населения. При проведении профилактических медицинских рентгенологических исследований практически здоровых лиц, годовая эффективная доза облучения не должна превышать 1 мЗв.

### **11.5 Обеспечение радиационной защиты**

Обеспечение радиационной безопасности требует комплекса многообразных защитных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы и источниками ИИ, а также от типа источника.

Все работы с источниками радиоактивных излучений подразделяют на два вида: работу с закрытыми источниками ИИ и работу с открытыми радиоактивными источниками.

Защитные мероприятия, позволяющие обеспечить условия радиационной безопасности при применении закрытых источников, основаны на знании законов распространения ИИ и характера их взаимодействия с веществом. Главные из них следующие:

- 1) доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности и времени действия излучения;
- 2) интенсивность излучения от точечного источника про-

порциональна количеству квантов или частиц, возникающих в них в единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния;

3) интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности, вытекающие из этих закономерностей следующие: уменьшение мощности источников до минимальных величин (защита количеством); сокращение времени работы с источником (защита временем); увеличение расстояния от источника до работающих (защита расстоянием) и экранирование источников излучения материалами, поглощающими ИИ (защита экранами).

Защита экранами – наиболее эффективный способ защиты от излучений. По своему назначению защитные экраны условно разделяются на пять групп:

1) защитные экраны–контейнеры, в которые помещаются радиоактивные препараты; они широко используются при транспортировке радиоактивных веществ и источников излучений;

2) защитные экраны для оборудования; в этом случае экранами полностью окружают все рабочее оборудование при нахождении радиоактивного препарата в рабочем положении или при включении высокого (или ускоряющего) напряжения на источнике ионизирующей радиации;

3) передвижные защитные экраны; этот тип защитных экранов применяется для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны;

4) защитные экраны, монтируемые как части строительных конструкций (стены, перекрытия полов и потолков, специальные двери и т.д.); такой вид защитных экранов предназначается для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал, и прилегающей территории;

5) экраны индивидуальных средств защиты (щиток из оргстекла, смотровые стекла пневмокостюмов, просвинцованные перчатки и др.).

Защита от открытых источников ионизирующих излучений предусматривает как защиту от внешнего облучения, так и защиту персонала от внутреннего облучения, связанного с воз-

возможным проникновением радиоактивных веществ в организм через органы дыхания, пищеварения или через кожу.

Все виды работ с открытыми источниками ионизирующих излучений разделены на три класса. Класс работы определяет требования к устройству и размещению помещений, в которых они проводятся. На дверях таких помещений указывают класс работы и вывешивают знак радиационной опасности.

Чем выше класс выполняемых работ, тем жестче гигиенические требования по защите персонала от внутреннего переоблучения.

Способы защиты персонала при этом следующие:

1) использование принципов защиты, применяемых при работе с источниками излучения в закрытом виде;

2) герметизация производственного оборудования с целью изоляции процессов, которые могут явиться источниками поступления радиоактивных веществ во внешнюю среду;

3) мероприятия планировочного характера. Планировка помещений предполагает максимальную изоляцию работ с радиоактивными веществами от других помещений и участков, имеющих иное функциональное назначение. Помещения для работ I класса должны размещаться в отдельных зданиях или изолированной части здания, имеющей отдельный вход. Помещения для работ II класса должны размещаться изолированно от других помещений; работы III класса могут проводиться в отдельных специально выделенных комнатах;

4) применение санитарно-гигиенических устройств и оборудования, использование специальных защитных материалов;

5) использование средств индивидуальной защиты персонала. Все средства индивидуальной защиты, используемые для работы с открытыми источниками, разделяются на пять видов: спецодежда, спецобувь, средства защиты органов дыхания, изолирующие костюмы, дополнительные защитные приспособления;

6) выполнение правил личной гигиены.

Лечебные и санитарно-профилактические мероприятия являются важным условием обеспечения радиационной безопасности. Медицинское обеспечение радиационной безопасности включает медицинские обследования (медосмотры), профи-

лактику заболеваний, а в случае необходимости, лечение и реабилитацию лиц, у которых выявлены отклонения в состоянии здоровья. Женщины на весь период беременности должны освобождаться от работы с источниками ИИ. Отказ работника от прохождения профилактических медицинских осмотров является основанием для отстранения его от работы.

Медицинское обследование лиц из населения, подвергшихся за год облучению в эффективной дозе более 200 мЗв или с накопленной дозой более 500 мЗв от одного из основных источников облучения, организуется территориальным управлением здравоохранения.

Соблюдение норм и правил радиационной безопасности, систематический радиационный контроль, а также выполнение правил гигиены являются необходимыми условиями обеспечения безопасных условий труда лиц, работающих с источниками ИИ. Для укрепления здоровья персонала и населения, подвергшегося значительному облучению, необходимо включать в рацион питания пищевые добавки с антиканцерогенным и иммунопротекторным действием, рекомендованные к применению Минздравсоцразвития России.

#### ***Контрольные вопросы***

- 1 Физические параметры ИИ. Виды ИИ.
- 2 Соматические и генетические радиационные эффекты.
- 3 Механизм биологического действия радиации.
- 4 Дозиметрические единицы измерений.
- 5 Принципы обеспечения радиационной безопасности. Гигиеническое нормирование ИИ.

6 Методы и средства регистрации ИИ.

***Литература*** [14, 43, 45, 46, 47, 49, 50].

## **Лекция 12 Лазерное излучение**

### **12.1 Общие сведения**

Лазерное излучение (ЛИ) – вынужденное испускание атомами вещества квантов электромагнитного излучения. Лазер (англ. laser – аббревиатура словосочетания Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что в переводе на русский язык означает – усиление света вынужденным излучением) – генератор электромагнитного излучения оптического диапазона.

В основе работы лазера лежит открытое А. Эйнштейном явление индуцированного излучения, заключающееся в том, что наряду с «обычным» процессом испускания, известным как спонтанное (самопроизвольное) испускание, наблюдается процесс испускания, происходящий не самопроизвольно, а под воздействием излучения окружающей молекул среды. Возможность использования вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн впервые была отмечена В.А. Фабрикантом.

Особенностью лазерного излучения являются высокая степень когерентности, малая угловая расходимость (коллимационность) и монохроматичность. Когерентность – строгая согласованность по частоте и фазе, что позволяет на сравнительно малой площади получать большие значения плотности потока. Монохроматическое излучение – это электромагнитное излучение одной отдельной частоты. Степень когерентности оценивается временем когерентности, в течение которого фазовые характеристики волны остаются постоянными. Например, когерентность нелазерных тепловых источников колебаний составляет  $10^{-8}$  с, а для лазеров это время доходит до  $10^{-2}$

Когерентный пучок, в отличие от некогерентного, можно сфокусировать в пятно с диаметром порядка длины волны излучения (1...10 мкм). Это даёт возможность концентрировать световую энергию в пространстве. Лазеры, генерирующие непрерывное излучение, позволяют создавать интенсивность порядка  $10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup>, что достаточно для плавления и испарения любого материала. При генерации коротких импульсов интенсивность излучения достигает величин порядка  $10^{15}$  Вт/см<sup>2</sup> и больше, что позволяет наблюдать нелинейные оптические эффекты и открывать возможность создания управляемого термоядерного синтеза. Среднее значение интенсивности солнечного света вблизи земной поверхности составляет всего 0,1–0,2 Вт/см<sup>2</sup>.

Лазерное излучение за счёт монохроматичности и коллимационности способно распространяться на значительные расстояния и отражаться от границы раздела двух сред, что позволяет применять эти свойства в дальнометрии, для целей локации, навигации, связи. Благодаря этим уникальным свойствам лазеры нашли широкое применение в науке и технике (машино-

строении, авиации и космонавтике, судостроении, геодезии, строительстве, измерительной технике, голографии, при исследовании структуры вещества, в вычислительной технике, микроэлектронике, для создания различных оптических эффектов в театральнорелигиозных мероприятиях, осуществлении направленных химических реакций, разделении изотопов и т.п.). лазеры позволяют быстро и надёжно контролировать загрязнённость атмосферы и поверхности моря, выявлять наиболее нагруженные участки деталей различных механизмов, определять внутренние дефекты в них.

Исключительно большое применение нашли лазеры в медицине. С помощью лазеров успешно выполняются операции на внутренних органах грудной и брюшной полостей, проводят кожнопластические операции. При интенсивности излучения порядка 20...30 Вт/см<sup>2</sup> лазерный луч используется для сшивания тканей (биологическая сварка). Лазеры успешно применяются в микрохирургии глаза, стоматологии, терапии, онкологии. Лазеры начинают применять для диагностики различных заболеваний.

Принцип действия лазера основан на свойстве атома излучать фотоны при переходе из возбуждённого состояния в основное (с меньшей энергией). Переход атома или молекулы с одного энергетического уровня на другой совершается скачком; при этом поглощается или напротив, испускается соответствующая порция энергии – квант света, или фотон. При переходе атома на более высокий энергетический уровень (с  $E_1$  на  $E_2$ ) фотон поглощается; при переходе же атома на более низкий уровень (с  $E_2$  на  $E_1$ ) происходит испускание фотона. Энергия поглощаемого или испускаемого фотона  $E_\nu$  равна разности энергий уровней атома, между которыми совершается переход:  $E_\nu = E_2 - E_1 = h\nu$ , где  $\nu$  – частота излучения, Гц;  $h$  – постоянная Планка, Дж·с ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с).

Излучение лазера можно условно характеризовать двумя группами параметров. К первой группе относят энергетические параметры, ко второй – геометрические. Общими для обеих групп являются длина волн и длительность излучения.

Основными элементами любого лазера являются активная среда, содержащая атомы или молекулы, способные относи-

тельно долго оставаться на своих верхних энергетических уровнях, источник энергии для её возбуждения, зеркальный оптический резонатор и система охлаждения. По активному элементу лазеры классифицируют на твердотельные, газовые, жидкостные, полупроводниковые, газодинамические. Жидкостные лазеры характеризуются использованием в качестве активного элемента жидких сред – металлоорганических и неорганических. Газовые лазеры объединяют лазеры на нейтральных атомах, на ионизированных газах, на двухатомных и многоатомных молекулах.

При использовании в качестве активной среды различных веществ лазеры могут индуцировать излучение практически на всех длинах волн, начиная с ультрафиолетовых и заканчивая длинноволновыми инфракрасными.

Основными физическими величинами, характеризующими ЛИ, являются: длина волны (мкм), энергетическая освещенность ( $\text{Вт}/\text{см}^2$ ), экспозиция ( $\text{Дж}/\text{см}^2$ ), длительность импульса (с), длительность воздействия (с), частота повторения импульсов (Гц).

В зависимости от типа конструкции и целевого назначения лазеров и лазерных установок на работников могут воздействовать следующие опасные и вредные факторы:

- собственно лазерное излучение (прямое, отражённое и рассеянное);
- сопутствующие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения от источников накачки, плазменного факела и материалов мишени;
- токсические газы и пары от лазерных систем с прокачкой хладагентов и др.;
- продукты взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемыми материалами;
- повышенная температура поверхностей лазерного изделия;
- опасность взрыва в системах накачки лазеров;
- высокое напряжение в цепях управления и источниках электропитания;
- электромагнитное излучение промышленной частоты и радиочастотного диапазона;

– рентгеновское излучение от газоразрядных трубок и других элементов, работающих при анодном напряжении более 5 кВ;

– шум, вибрация.

При эксплуатации и разработке лазеров необходимо также учитывать возможность взрывов и пожаров при попадании лазерного излучения на горючие материалы.

## **12.2 Биологическое действие лазерного излучения**

Биологические эффекты воздействия лазерного излучения на организм определяются механизмами взаимодействия излучения с тканями (тепловой, фотохимический, ударно–акустический и др.) зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико–химических особенностей облучаемых тканей и органов.

При работе с лазерными установками человек может подвергаться воздействию прямого (коллимированного), рассеянного и отраженного излучения. Энергия лазерного излучения, поглощённая тканями, преобразуется в другие виды энергии: тепловую, механическую, энергию фотохимических процессов, что может вызвать ряд эффектов: тепловой, ударный, светового давления и др., способных оказывать негативное действие на организм человека или отдельные его органы и в первую очередь на глаза и кожу. В основе повреждений глаз и кожи, выявленных для относительно кратковременных воздействий, лежит тепловой механизм. В то же время в опытах на животных и при клиническом обследовании лиц, подвергавшихся хроническому воздействию малых уровней излучения, показана возможность неблагоприятного действия лазерного излучения на внутренние органы (печень, спинной мозг и др.). У части работающих неблагоприятные патологические изменения проявились в виде функциональных расстройств центральной нервной системы, вегетативной дисфункции, нарушении сердечно–сосудистой регуляции. Имеются данные об определённых изменениях в показателях периферической крови. Облучение глаз сопровождается развитием дистрофических изменений в коре головного мозга.



Возможно и травмирование глаз лазерным излучением.

Сетчатка глаза может быть поражена лазерами видимого (0,38–0,7 мкм) и ближнего инфракрасного (0,75–1,4 мкм) диапазонов. Лазерное ультрафиолетовое (0,18–0,38 мкм) и дальнее инфракрасное (более 1,4 мкм) излучения не достигают сетчатки, но могут повредить роговицу, радужку, хрусталик. Достигая сетчатки, ЛИ фокусируется преломляющей системой глаза, при этом плотность мощности на сетчатке увеличивается в 1000–10000 раз по сравнению с плотностью мощности на роговице. Короткие импульсы (0,1 с– $10^{-14}$  с), которые генерируют лазеры, способны вызвать повреждение органа зрения за значительно более короткий промежуток времени, чем тот, который необходим для срабатывания защитных физиологических механизмов (мигательный рефлекс 0,1 с).

Вторым критическим органом к действию ЛИ являются кожные покровы. Взаимодействие лазерного излучения с кожными покровами зависит от длины волны и пигментации кожи. Отражающая способность кожных покровов в видимой области спектра высокая. ЛИ дальней инфракрасной области начинает сильно поглощаться кожными покровами, поскольку это излучение активно поглощается водой, которая составляет 80% содержимого большинства тканей; возникает опасность возникновения ожогов кожи.

Хроническое воздействие низкоэнергетического (на уровне или менее ПДУ ЛИ) рассеянного излучения может приводить к развитию неспецифических сдвигов в состоянии здоровья лиц, обслуживающих лазеры. При этом оно является своеобразным фактором риска развития невротических состояний и сердечно–сосудистых расстройств.

### **12.3 Нормирование лазерного излучения**

В процессе нормирования устанавливаются параметры поля ЛИ, отражающие специфику его взаимодействия с биологическими тканями, критерии вредного действия и числовые значения ПДУ нормируемых параметров.

Научно обоснованы два подхода к нормированию ЛИ: первый – по повреждающим эффектам тканей или органов, возникающим непосредственно в месте облучения; второй – на ос-

нове выявляемых функциональных и морфологических изменений ряда систем и органов, не подвергающихся непосредственному воздействию.

Гигиеническое нормирование основывается на критериях биологического действия, обусловленного, в первую очередь, областью электромагнитного спектра. В соответствии с этим диапазон ЛИ разделен на ряд областей:

- от 0,18 до 0,38 мкм – ультрафиолетовая область;
- от 0,38 до 0,75 мкм – видимая область;
- от 0,75 до 1,4 мкм – ближняя инфракрасная область;
- свыше 1,4 мкм – дальняя инфракрасная область.

В основу установления величины ПДУ положен принцип определения минимальных «пороговых» повреждений в облучаемых тканях (сетчатка, роговица, глаза, кожа), определяемых современными методами исследования во время или после воздействия ЛИ. Нормируемыми параметрами являются **энергетическая экспозиция**  $H$  (Дж/м<sup>2</sup>) и **облучённость**  $E$  (Вт/м<sup>2</sup>), а также **энергия**  $W$  (Дж) и **мощность**  $P$  (Вт).

Первые ПДУ ЛИ в России для отдельных длин волн были установлены в 1972 г., а в 1991 г. введены в действие СанПиН 5804–91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров». В США существует стандарт ANSI Z136–1 (2007). Разработан также стандарт Международной электротехнической комиссией (МЭК). Отличительной особенностью отечественного документа по сравнению с зарубежными является регламентация значений ПДУ с учётом не только повреждающих эффектов глаз и кожи, но и функциональных изменений в организме.

Действующие правила устанавливают:

- предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения в диапазоне длин волн  $180 \cdot 10^6$  нм при различных условиях воздействия на человека;
- классификацию лазеров по степени опасности генерируемого ими излучения;
- требования к производственным помещениям, размещению оборудования и организации рабочих мест;
- требования к персоналу;
- контроль за состоянием производственной среды;
- требования к применению средств защиты;

– требования к медицинскому контролю.

По степени опасности генерируемого излучения лазеры подразделяют на четыре класса.

К лазерам 1 класса относят полностью безопасные лазеры, т.е. такие лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.

Лазеры 2 класса – это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком; однако диффузно отражённое излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.

К лазерам 3 класса относятся такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированными, но и диффузно отражённым излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и/или при облучении кожи коллимированным излучением. При этом диффузно отражённое излучение не представляет опасности для кожи. Этот класс вводится для лазеров, генерирующих излучение в определённом спектральном диапазоне.

Четвёртый (4) класс включает лазеры, диффузно отражённое излучение представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Классифицирует лазеры предприятие–изготовитель.

#### **12.4 Методы и средства защиты от ЛИ**

Защиту от ЛИ осуществляют техническими, организационными, лечебно–профилактическими методами, средствами коллективной защиты (СКЗ) и индивидуальной (СИЗ).

К техническим методам относятся: выбор, планировка и внутренняя отделка помещений; рациональное размещение лазерных технологических установок; соблюдение порядка обслуживания установок; использование минимального уровня излучения для достижения поставленной цели; применение средств защиты.

Организационные методы включают: ограничение времени воздействия излучения; назначение и инструктаж лиц, ответственных за организацию и проведение работ; ограничение допуска к проведению работ; организация надзора за режимом работ; четкая организация противоаварийных работ и регламента-

ция порядка ведения работ в аварийных условиях; проведение инструктажа, наличие наглядных плакатов; обучение персонала.

Санитарно–гигиенические и лечебно–профилактические методы включают: контроль за уровнями опасных и вредных факторов на рабочих местах; контроль за прохождением персоналом предварительных и периодических медицинских осмотров; повышение сопротивляемости организма путём создания у работающих активного и пассивного иммунитета.

Персонал, связанный с обслуживанием и эксплуатацией лазеров, должен проходить предварительные и периодические медицинские осмотры 1 раз в год. Обследование глаз должно выполняться специально подготовленными офтальмологами с обязательным включением дополнительных методов исследований.

К СКЗ от ЛИ относятся: оградительные устройства (кожухи, экраны и др.); дистанционное управление; устройства сигнализации (ясно воспринимаемый световой и звуковой сигнал); маркировка знаком лазерной опасности; защитные запоры ограждения или его частей.

СИЗ от ЛИ включают: защитные очки, снижающие уровень диффузионного излучения на роговице глаза до ПДУ; юстировочные очки, снижающие уровень коллимированного излучения на роговице глаза до ПДУ; щитки; маски; защитную одежду.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Физико–гигиеническая характеристика лазерного излучения. Биологическое действие ЛИ.
- 2 Гигиеническое нормирование параметров ЛИ.
- 4 Опасность лазера 1, 2, 3, 4 классов.
- 5 Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками ЛИ.

***Литература*** [14, 43, 45, 46, 47, 49].

### **Список литературы**

#### **Законодательные и нормативные документы**

1. Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52 «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения» (в ред. 08.11.2007 г.).

2. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426–ФЗ «О специальной оценке условий труда».
3. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. № 197–ФЗ (в ред. 28.02.2008 г.).
4. СП 60.13330.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
5. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
6. СП 51.13330.2010 «Защита от шума».
7. СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания».
8. СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010».
9. СП 2.2.2.1327–03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».
10. СП 2.2.1.1312–03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».
11. СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».
12. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
13. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
14. СанПиН 5804–91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров».
15. СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009».
16. СанПиН 2.2.4/2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работе с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».
17. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
18. СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

**19.** СанПиН 2.2.4./2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

**20.** СанПиН 2.2.2776–10 «Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний».

**21.** СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы».

**22.** СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

**23.** СанПиН 2.2.0.555–96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин».

**24.** Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса».

**25.** Положение о расследовании и учете профессиональных заболеваний; утв. Постановлением Правительства РФ от 15.12.2000 г. № 967.

**26.** ГОСТ Р 54944–2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещённости».

**27.** ГОСТ 26824–2010 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости».

**28.** ГОСТ 12.4.120–83 «ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования».

**29.** ГОСТ 12.4.021–75\* «ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования».

**30.** ГОСТ 12.1.050–86 «ССБТ Методы измерения шума на рабочих местах».

**31.** ГОСТ 12.1.043–84 «Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях».

**32.** ГОСТ 12.1.016–79\* «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ».

**33.** ГОСТ 12.1.012–2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования».

**34.** ГОСТ 12.1.007–76\* «Вредные вещества. Классифика-

ция и общие требования безопасности».

**35.** ГОСТ 12.1.006–84 (1999) «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».

**36.** ГОСТ 12.1.005–88\* «Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

**37.** ГОСТ 12.0.003–74\* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

**38.** ГОСТ 12.0.002–80\* «ССБТ. Термины и определения».

**39.** ГН 2.2.5.2308–07 «ОБУВ вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

**40.** ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

**41.** ГН 2.1.8/2.2.4.2262–07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях».

**42.** ISO 1999:2013 «Акустика Оценка потери слуха, вызванная шумом».

#### **Учебные и справочные издания**

**43.** Глебова, Е.В. Производственная санитария и гигиена труда [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов / Е. В. Глебова. – 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2007. – 382 с.

**44.** Кирюшин, В.А. Гигиена труда [Текст]: руководство к практическим занятиям: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 060104.65 «Медико–профилактическое дело» по дисц. «Гигиена труда» / В.А. Кирюшин, А.М. Большаков, Т.В. Моталова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2011. – 400 с.

**45.** Гигиена труда [Текст]: учебник/Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 592 с.

**46.** Ветошкин, А. Г. Защита окружающей среды от энергетических воздействий [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов/А. Г. Ветошкин. – М.: Высшая школа, 2010. – 383 с.

**47.** Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Текст]: учебник по дисц. «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров всех напр. подгот./С. В. Белов. – 4–е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2013. – 682 с.

**48.** Энциклопедия по безопасности и гигиене труда [Текст]: в 4–х т. Пер. с англ.; 2–е изд. – М.: М–во труда и соц. развития РФ, 2001. – 4332 с.

**49.** Безопасность деятельности [Текст]: Энциклопедический словарь/Под ред. О.Н. Русак.– СПб.: Информационно–издательское агентство «ЛИК», 2004. – 504 с.

**50.** Михайлов, Ю.П. Приборы для измерения физических факторов [Текст]: метод. указ. по выполнению лаб. работ / Ю.П. Михайлов, Ю.И. Иванов, С.В. Ракитянская; КемТИПП, каф. безопасности жизнедеятельности. – Кемерово: КемТИПП, 2004. – 56 с.

**51.** Ильин, Л.А. Радиационная гигиена [Текст]: учеб. для вузов/Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 384 с.: ил.

**52.** Архангельский, В.И. Радиационная гигиена [Текст]: практикум: учебное пособие/ В.И. Архангельский, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2008. – 352 с.

#### **Периодические издания**

**53.** Гигиена и санитария [Текст] : двухмесячный научно–практический журнал. – М.: Медицина. – Выходит раз в два месяца.

**54.** Безопасность жизнедеятельности [Текст]: научно–практический и учебно–методический журнал. – М.: Новые технологии.

**55.** Охрана труда [Текст]: комплект/ ЗАО Редакция журнала «Охрана труда и социальное страхование». – М: «Охрана труда и социальное страхование». – Выходит ежемесячно.

**56.** Справочник специалиста по охране труда [Текст]. – М.: МЦФЭР. – Выходит ежемесячно.



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ  
И ГИГИЕНА ТРУДА**

Конспект лекций по дисциплине  
«Производственная санитария и гигиена труда» для студентов  
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
всех форм обучения

*Составители:*

**Иванов** Юрий Иосифович  
**Попова** Екатерина Андреевна