

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Донецкий национальный технический университет
ДонНТУ
Кафедра охраны труда и аэрология**

Производственная санитария и гигиена труда

Конспект лекций
Для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения

РАССМОТРЕНО
на Заседании кафедры
охраны труда и аэрологии
протокол № 11 от 07.06.2016 г.

Донецк 2016

УДК 658 (07)

Лекции по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» предназначены для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения Донецкого национального технического университета (ДонНТУ). Лекции составлены в соответствии с требованиями учебного плана кафедры «Охраны труда и аэрологии» университета. При составлении лекций использованы литературные источники, законодательная нормативно-техническая документация по профилю знаний.

Составитель: В.Л. Овчаренко – Донецк, ДонНТУ, 2015г. – 220 с.

Составитель: доц. к.т.н. В.Л. Овчаренко

Рецензент: проф. д.т.н. Ю.Ф. Булгаков

<http://ea.donn tu.org/handle/123456789/30947>

Содержание

Лекция 1. Общие вопросы производственной санитарии и гигиены труда. Классификация производственных факторов. Санитарное законодательство _____	4
Лекция 2. Производственный шум _____	13
Лекция 3. Производственный шум и методы устранения воздействия _____	20
Лекция 4. Вибрация и её вредное действие на организм человека _____	28
Лекция 5. Виброакустические факторы, нормирование и оценка _____	38
Лекция 6. Вибрации системы защиты от вибрации _____	49
Лекция 7. Производственная пыль _____	56
Лекция 8. Пылевая обстановка на объектах горной промышленности и её влияние на пылевую этиологию горняков _____	65
Лекция 9. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны _____	76
Лекция 10. Профессиональные заболевания шахтёров. Средства коллективной защиты _____	86
Лекция 11. Микроклимат производственных помещений _____	99
Лекция 12. Параметры микроклимата и их влияние на здоровье и работоспособность человека _____	105
Лекция 13. Терморегуляция организма человека _____	112
Лекция 14. Назначение и классификация производственной вентиляции. Естественная и искусственная вентиляция _____	119
Лекция 15. Принципы расчёта производственной вентиляции _____	131
Лекция 16. Конструктивное исполнение вентиляционных устройств _____	136
Лекция 17. Очистка воздуха от пыли и вредных химических веществ. Кондиционирование воздуха _____	142
Лекция 18. Естественное и искусственное производственное освещение _____	153
Лекция 19. Гигиеническое нормирование естественного и искусственного освещения _____	160
Лекция 20. Виды искусственного освещения по функциональному назначению и методы расчёта искусственного и естественного освещения _____	166
Лекция 21. Электромагнитные поля, их измерение и нормирование, контроль и методы защиты _____	172
Лекция 22. Ионизирующие излучения _____	183
Лекция 23. Лазерное излучение, гигиеническое нормирование. Средства и методы защиты _____	193
Лекция 24. Средства индивидуальной защиты _____	200
Лекция 25. Общие санитарно-гигиенические требования к размещению предприятий _____	212
Экзаменационные вопросы по курсу «Промсанитария и гигиена труда» _____	219

Общие вопросы производственной санитарии и гигиены труда. Классификация производственных факторов.

Санитарное законодательство.

1.1. Общие положения, законодательные акты

Производственная санитария – 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».)

Промышленная санитария — система практических мероприятий, направленных на предупреждение неблагоприятного воздействия условий труда на здоровье лиц, занятых в промышленности.

Промышленная санитария — часть производственной санитарии, включающей в себя также мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия условий труда на здоровье работающих во всех видах транспорта, связи, строительства, лесном и сельском хозяйстве. Основной задачей промышленной санитарии являются профилактика профессиональных заболеваний и профессиональных отравлений, улучшение общего состояния здоровья работающих. Теоретические обоснования положений промышленной санитарии разрабатываются гигиеническими научно-исследовательскими институтами и кладутся в основу гигиенических норм и санитарных правил.

К основным практическим мероприятиям промышленной санитарии, выполняемым в процессе строительства, реконструкции и эксплуатации промышленных предприятий, относятся:

- 1) рациональная планировка производственных помещений применительно к технологическому процессу;
- 2) размеры площадей и объемов рабочих помещений;
- 3) организация рабочего места;
- 4) естественное и искусственное освещение;
- 5) отопление и вентиляция;
- 6) водоснабжение и канализация;
- 7) очистка производственных выбросов в атмосферу и сточных вод в водоемы;
- 8) обеспечение работающих бытовыми помещениями.

Задачи промышленной санитарии при образовании и поступлении в воздух рабочих помещений вредных для здоровья веществ (в виде газов, паров, туманов или пыли) заключаются:

- в изоляции оборудования или помещений с вредными для здоровья выделениями от участков, не имеющих вредных выделений, герметизации оборудования;
- удалении вредных веществ от мест их выделения средствами вентиляции;
- исключении прямого контакта работающих с вредными веществами, в замене вредных веществ безвредными (если это допустимо по условиям производства);
- в механизации и автоматизации трудоемких, тяжелых и правил в промышленности возлагается на администрацию предприятий, контроль за их исполнением осуществляется санитарно-эпидемиологическими станциями.

К осуществлению контроля широко привлекаются общественные санитарные инспекторы, работающие в контакте с техническими инспекторами профсоюзов, которые следят также за выполнением правил техники безопасности и проводят работу по предупреждению производственного травматизма. опасных (угрожающих отравлениями или заболеваниями) работ, сокращении рабочего времени, удлинении отпусков, предоставлении индивидуальных защитных приспособлений спецодежды и спецобуви, респираторов, противогазов, предохранительных очков и др.).

Выполнение гигиенических норм и санитарных

1.2. Факторы производственной среды

Вредным производственным фактором называется фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определённых условиях (интенсивность, длительность) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний.

Опасные и вредные производственные в соответствии с ГОСТ

12.0.003-74 факторы делятся на:

- физические;
- химические;
- биологические;
- патогенные микроорганизмы, микроорганизмы-продуценты (в биотехнологиях, живые клетки и споры, содержащиеся в препаратах, грибы, простейшие, гельминты
- психофизиологические.

К вредным производственным факторам относятся:

- **физические факторы:**

- температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;
- ионизирующие излучения;
- неионизирующие электромагнитные магнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля, электрические и магнитные поля промышленной частоты (50Гц), электромагнитные поля радиочастотного диапазона (в том числе лазерное и ультрафиолетовое);
- производственный шум, ультразвук, инфразвук;
- вибрация (локальная, местная);
- аэрозоли (пыли), преимущественно фиброгенного действия;
- освещение – естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещённость, прямая и отраженная слепящая блескость, пульсация освещённости);
- электрически заряженные частицы воздуха – аэроионы;

- **химические факторы** – вредные вещества;

- **биологические факторы** – микроорганизмы – продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в препаратах, патогенные микроорганизмы;

- **факторы трудового процесса** – тяжесть и напряжённость труда.

*Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (греч. *hygienios* – здоровье).*

Гигиена труда.

Гигиена труда – это область профилактической медицины, изучающей влияние факторов производственной среды на функциональное состояние организма человека и условия сохранения здоровья на производстве.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной базой производственной санитарии.

Рекомендации гигиенической науки используются в санитарном законодательстве, в практической работе по осуществлению санитарного надзора в промышленности, при проектировании, конструировании и эксплуатации производственных зданий, сооружений, оборудования, технологических процессов.

Границы производственной санитарии

- оздоровление воздушной среды и нормализация параметров микроклимата в рабочей зоне;
- защита работающих от шума, вибрации, электромагнитных излучений и др.;

- обеспечение требуемых нормативов естественного и искусственного освещения;
- поддержание в соответствии с санитарными требованиями территории предприятия, основных производственных и вспомогательных помещений.

-

1.3. Объекты производственной санитарии

Производственный микроклимат

Один из основных факторов, влияющих на работоспособность и здоровье человека. Метеорологические факторы, сильно влияют на жизнедеятельность, самочувствие и здоровье человека. Неблагоприятное сочетание факторов приводит к нарушению терморегуляции.

Терморегуляция — это совокупность физиологических и химических процессов, направленных на поддержание постоянного температурного баланса тела человека в пределах 36-37 градусов.

Микроклимат характеризуется:

- температурой воздуха;
- относительной влажностью воздуха;
- скоростью движения воздуха;
- интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей;

ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» устанавливает оптимальные и допустимые микроклиматические условия. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны и их классификация. В соответствии с **ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»** повышенная запыленность и загазованность воздушной среды рабочей зоны относится к физически опасным и вредным производственным факторам.

Многие вещества попадая в организм, приводят к острым и хроническим отравлениям. Способность вещества вызывать вредные действия на жизнедеятельность организма называют токсичностью.

По степени потенциальной опасности воздействия на организм человека вредные вещества, содержащиеся в воздухе рабочей зоны разделены на 4 группы:

- I класс — чрезвычайно опасные (озон и др.);
- II класс — высокоопасные (сероводород и др.);
- III класс — умереноопасные (камфара и др.);
- IV класс — малоопасные (аммиак).

Основным критерием качества воздуха является предельно допустимые концентрации (ПДК) Фактическая концентрация вредных веществ не должна превышать значений изложенных в ГОСТ 12.1.007-76.

Кондиционирование

Кондиционированием в закрытых помещениях и сооружениях можно поддерживать необходимую температуру, влажность и ионный состав, наличие запахов воздушной среды, а также скорость движения воздуха. Система кондиционирования включает в себя комплекс технических средств, осуществляющих требуемую обработку воздуха, транспортирование его и распределение в обслуживаемых помещениях, устройствах для глушения шума, вызываемого работой оборудования.

Отопление

Отопление предусматривает поддержание во всех производственных зданиях и сооружениях температуры, соответствующей установленным нормам. Система отопления должна компенсировать потери тепла через строительные ограждения, а также нагрев проникающего в помещении холодного воздуха.

1.4. Санитарное законодательство ДНР

В соответствии с Законом ДНР «Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения» вопросы санитарных и противоэпидемиологических норм нашли отражение в целом ряде законодательных, нормативных и инструктивных документах:

- «Закон ДНР об охране труда»;
- СНиП 89-90 «Генеральные планы промышленных предприятий»
- ДСН 3.3.6.042.99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений»;
- ДСН 3.3.6.039-99 «Государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации»;
- ДНАОП 0,03-1,02-94 «Положение о медицинском осмотре работников определенных категорий»;
- ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
- ДБН 2.2.1-95 «Основные положения проектирования» и др.

В соответствии с вышеупомянутым Законом обеспечение санитарного благополучия достигается такими основными мероприятиями:

- гигиенической регламентацией и государственной регистрацией опасных факторов окружающей и производственной среды;

- государственной санитарно-гигиенической экспертизой проектов, технологических регламентов, инвестиционных программ и действующих объектов и обусловленных ими опасных факторов на соответствие требованиям санитарных норм;

- включение требований безопасности для здоровья и жизни в государственные стандарты и другую нормативно-техническую документацию

- обязательными медицинскими осмотрами определенных категорий населения.

Составной частью законодательства в отрасли гигиены труда являются постановления и положения (нормы), утвержденные Министерством здравоохранения ДНР, санитарные правила и нормы, касающиеся отдельных факторов производственной среды, определенных технологических процессов и конкретных производств.

1.4. Нормативные правовые акты в области производственной санитарии

- ГОСТ ССБТ.
- СН, СП (санитарные правила), СанПиН(санитарные правила и нормы, Минздрав ДНР), ГН (гигиенические нормативы, Минздрав ДНР).
- СНиП (строительные нормы и правила).
- ССБТ одна из систем государственной системы стандартизации. Шифр (номер) этой системы – 12. Система разделена на 10 подсистем от 0 до 9

Наибольшее для производственной санитарии имеют стандарты подсистемы 1 и подсистемы 4. Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и вредных производственных факторов и предельно допустимые значения их параметров; методы и средства защиты от их воздействия, а также методы контроля их уровней.

Стандарты подсистемы 4 устанавливают требования к средствам защиты работающих, необходимые конструктивные, эксплуатационные, защитные, и гигиенические свойства средств защиты в зависимости от действующих опасных и вредных производственных факторов, а также методы контроля и оценки средств защиты. Государственные нормативные требования в области производственной санитарии и гигиены труда утверждаются сроком на пять лет и могут быть продлены не более чем на два срока.

1.5. Физиологические особенности различных видов деятельности

С появлением в начале XX века новых видов техники возникла необходимость учитывать психологические возможности человека, такие как скорость реакции, особенности памяти и внимания, эмоциональное состояние,

произошли изменения в профессиональной структуре труда. Компьютеризация и роботизация, с одной стороны, расширили возможности человека, а с другой, в значительной степени изменили требования к его деятельности. Увеличилась потребность в творческом высококвалифицированном труде. Усложнилась проблема согласования условий труда, конструкции оборудования с психологическими и физиологическими возможностями человека.

Важное значение с точки зрения физиологии труда имеет изучение протекания психических и физиологических процессов во время трудовой деятельности человека, которую можно условно разделить на физическую и умственную.

Физическая деятельность определяется в основном работой мышц, к которым в процессе работы усиленно приливает кровь, обеспечивая поступление кислорода и изъятие продуктов окисления. Этому содействуют активная работа сердца и органов дыхания. В процессе работы происходит расход энергии. По величине энергозатрат работы подразделяют на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые (табл.1.1).

К категории Ia относятся работы, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (профессии сферы управления, швейного и часового производства, точного приборо- и машиностроения).

К категории Ib относятся работы, выполняемые сидя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях связи, контролеры, мастера).

К категории IIa относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие незначительного физического напряжения (ряд профессий в прядильно-ткацком производстве, механосборочных цехах).

К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой и перемещением грузов массой до 10кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий машиностроения, металлургии).

К категории III относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (более 10кг) тяжестей и требующие значительных физических усилий (ряд профессий с выполнением ручных операций на металлургических, машиностроительных, горнодобывающих предприятиях).

Таблица 1.1. Категории работ по степени тяжести (ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны).

Категория работ	Энергозатраты	
	Ватт	ккал/час
Легкие: Ia Iб	До 139 140-174	До 120 121-150
Средней тяжести: IIa IIб	175-232 233-290	151-200 201-250
Тяжелые III	Более 290	Более 250

Чем выше категория выполняемой работы, тем больше нагрузка на опорно-двигательную, дыхательную и сердечнососудистую системы. Так, частота сердечных сокращений, которая в состоянии покоя составляет 65-70 сокращений в минуту, при выполнении тяжелых работ может возрасти до 150-170. Легочная вентиляция так же, как и частота сердечных сокращений повышается пропорционально увеличению интенсивности выполняемой работы. Вентиляция легких, которая составляет 6-8 литров воздуха в минуту в состоянии покоя, во время тяжелой физической работы может достигать – 100 и больше литров в минуту. Во время интенсивной работы происходят активизация и некоторых других функций организма.

Умственная деятельность человека определяется в основном участием в трудовом процессе центральной нервной системы. При умственной работе уменьшается частота сердечных сокращений, повышается кровяное давление, ослабляются обменные процессы, уменьшается обеспечение кровью конечностей и брюшной полости, в то же время увеличивается поступление крови в мозг (в 8-10 раз по сравнению с состоянием покоя). Умственная деятельность очень тесно связана с работой органов чувств, в первую очередь органов зрения и слуха. По сравнению с физической деятельностью в отдельных видах умственной деятельности (работа конструкторов, операторов ЭВМ, учащихся и учителей) напряженность органов чувств увеличивается в 5-10 раз. Это определяет более жесткие требования к нормированию уровней шума, вибрации, освещенности именно при умственной деятельности.

1.6. Гигиеническая классификация труда

Гигиеническая классификация труда необходима для оценки конкретных условий характера труда на рабочих местах. На основании этой оценки

принимаются решения по снижению уровней неблагоприятных производственных факторов.

Оценка состояния условий труда проводится на основании данных аттестации рабочих мест по результатам измерений уровней факторов производственной среды в соответствии с нормативным документом «Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда на территории Донецкой Народной Республики», утвержденным Постановлением Совета Министров Донецкой Народной Республики от 31 мая 2016г. N2 7-25.

Существуют льготы и компенсации за работу во вредных условиях труда (право на дополнительные отпуска, сокращенный рабочий день, бесплатное лечебно-профилактическое питание, получение молока).

На основании аттестации рабочих мест составляется единая государственная система показателей учета условий труда и безопасности труда в зависимости от вида выполняемых работ, распространяется на все предприятия независимо от форм собственности, включая рабочих, специалистов и руководителей. Отчет о состоянии условий труда, о льготах и компенсациях за работу во вредных условиях представляется на рассмотрение в Государственный Комитет Гортехнадзора ДНР.

Исходя из принципов Гигиенической классификации, условия труда подразделяют на 4 класса:

1 класс – *оптимальные условия труда* – такие условия, при которых сохраняется не только здоровье работающих, а создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

2 класс – *допустимые условия труда* – характеризуются такими уровнями факторов производственной среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест. Возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются за время регламентированного отдыха или до начала следующей смены и не оказывают неблагоприятного влияния на состояние здоровья работающих и их потомство в ближайшем и отдаленном периодах.

3 класс – *вредные условия труда* – характеризуются наличием вредных производственных факторов, которые превышают гигиенические нормативы и способны вызвать неблагоприятное влияние на организм работающего и (или) его потомство.

4 класс – *опасные (экстремальные)* – условия труда, которые характеризуются такими уровнями факторов производственной среды, влияние которых в течение рабочего времени (или же его части) создает высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний, отравлений, увечий, угрозу для жизни.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94. 96
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. Раздорожный А. А. Охрана труда и производственная безопасность: Учебно-методическое пособие — Москва: Изд-во «Экзамен», 2005. — 512 с. (Серия «Документы и комментарии»)

Лекция 2

Производственный шум

2.1. Общие положения

Шум — это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Источники шума. Источниками шума на производстве являются станки по механической обработке металлов, дерева и пластмасс, прессы, штамповочные машины, внутризаводской транспорт, внутрицеховые краны, механизированный и электрифицированный инструмент, системы вентиляции, аэродинамические установки и др. Техника и технология, использующие ультразвук, широко применяются в различных отраслях экономики для целей активного воздействия на вещества (пайка, сварка, лужение, механическая обработка и обезжиривание деталей и т. д.), структурного анализа и контроля физико-механических свойств вещества и материалов (дефектоскопия), для

обработки и передачи сигналов в радиолокационной и вычислительной технике.

Источники шума формируют звуковые волны, возникающие в результате нарушения стационарного состояния среды вследствие воздействия на нее возмущающей силы. Звуковые волны распространяются в пространстве, которое называют звуковым полем.

Характеризуют звуковое поле следующие физические величины: Колебательная скорость V (м/с) — скорость колебания частиц относительно положения равновесия.

Скорость распространения звука, c (м/с) — скорость распространения звуковой волны.

Октавой называется звуковое пространство, в котором верхняя граничная частота f_v равна удвоенной нижней частоте: $f_v = 2f_n$.

Величину уровня интенсивности применяют при получении формул акустических расчетов, а уровни звукового давления — для измерения шума и оценки его воздействия на человека, так как орган слуха чувствителен не к интенсивности, а к среднеквадратичному давлению (т. е. к давлению при среднеквадратичной частоте).

Классификация производственных шумов. Шумы классифицируют по частоте, спектральным и временным характеристикам.

По частоте шумы звукового диапазона подразделяются на низкочастотные (максимум звукового давления в диапазоне частот ниже 350 Гц), среднечастотные (350—800 Гц) и высокочастотные (свыше 800 Гц). Ультразвуковой диапазон частот делится на низкочастотный — от $1,2 \cdot 10^4$ до $1,0 \cdot 10^5$ и высокочастотный от $1,0 \cdot 10^5$ до $1,0 \cdot 10^9$ (ГОСТ 12.1.001—89).

По характеру спектра шум подразделяется на широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы и тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

Производственный шум

Под шумом как гигиеническим фактором принято подразумевать совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека, мешающих его работе и отдыху.

По физической сущности шум представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение частиц упругой (газовой, жидкой или твердой) среды, носящее, как правило, беспорядочный случайный характер. Источником его является любое колеблющееся тело, выведенное из устойчивого состояния внешней силой.

Как и для всякого волнообразного (колебательного) движения, основными параметрами, характеризующими звук, являются амплитуда колебания, скорость распространения и длина волны.

Частота колебания — число полных колебаний, совершенных в течение одной секунды. Единица измерения частоты — герц (Гц) равна 1 колебанию в секунду.

Для характеристики звука существенное значение имеет измерение колебательной скорости частиц, т. е. определение мгновенного значения скорости колебательного движения среды при распространении в «ней звуковой волны (единица измерения — м/с).

Расстояние, на которое в течение одной секунды может распространяться волновой процесс, называется скоростью звука. В воздухе при температуре 20° и нормальном атмосферном давлении она равна 334 м/с, при повышении температуры — увеличивается примерно на 0,71 м/с на каждый градус.

Распространение звуковых волн сопровождается переносом колебательной энергии в пространстве. Ее количество, проходящее через площадь 1 м², расположенную перпендикулярно направлению распространения звуковой волны, обуславливает интенсивность или силу звука. Единица измерения — ватт на квадратный метр (Вт/м²).

Частотный состав шума характеризует его спектр, т. е. совокупность входящих в него частот. По спектру устанавливается степень распределения звуковой энергии шума.

По величине интервалов между составляющими его звуками различают дискретный (линейчатый) и сплошной шум. В первом случае отдельные составляющие звуки, входящие в спектр шума, разделены значительными интервалами, - в другом случае — следуют друг за другом непрерывно с бесконечно малыми интервалами. Смешанный шум характеризуется отдельными пиковыми дискретными составляющими на фоне сплошного спектра.

Шум, который практически имеет сплошной спектр и амплитуды звукового давления всех его составляющих равны, называется «белым».

Приведём ряд примеров производственного шума.

На установках топливного производства имеется несколько постоянных источников шума: нагревательные печи, аппараты воздушного охлаждения, насосы, компрессоры, трубогазодувки и циркулирующий в магистральных газ, пар, воздух. Интенсивность шума резко увеличивается при нарушении герметичности труб. Источниками шума в операторных являются движущийся по системам вторичных приборов контроля и автоматики сжатый воздух и шум, проникающий через неплотности окон с территории установок. Шум низко- и среднечастотный, стабильный с максимумом звуковой энергии в

спектре на частоте 500 Гц. Показатели шума в помещениях операторных весьма близки на всех идентичных установках и превышают допустимые величины на частотах 500—4000 Гц на 2—9—12 дБА.

В помещениях компрессорных (газовых, воздушных и др.) уровни звука достигают 79—97 дБА. Превышение допустимых уровней составляет от 2 до 15 дБА на частотах 250—2000 Гц. Спектр шума компрессоров, в основном, низкочастотный.

В технологических насосных также генерируется интенсивный шум, уровень звука при этом достигает 87—99 дБА (на 2—14 дБА выше нормы). Шум широкополосный, стабильный, максимум звуковой энергии в спектре приходится на частоту 250—8000 Гц.

С увеличением мощности установок интенсивность производственного шума значительно возросла. Так, если на установках первичной перегонки нефти мощностью 2—3 млн тонн (1960—65 годы) показатели шума выходили за пределы допустимых величин на 5—7—9 дБ, то на более современных установках ЭЛОУ-АВТ-6 производственный шум на 10—13 дБ и более превышал гигиенические нормативы. Значительно возросла интенсивность шума и на территории аппаратных дворов. Увеличение интенсивности шума в насосных мы связываем не только с увеличением мощности и числа центробежных насосов, но и влиянием возросшего общего шумового фона за счет нагревательных печей и аппаратов воздушного охлаждения.

Ранговое распределение оборудования и места их размещения по уровню генерируемого ими шума показало, что самыми «шумными» рабочими местами являются нагревательные печи, около которых 3—18% рабочего времени проводят операторы и машинисты. На втором месте по уровню шума находятся компрессорные и на третьем—насосные помещения, где значительную часть рабочего времени (около 80%) проводят машинисты. Операторные — самые «малошумные» помещения, где основную часть рабочего времени (около 60%) пребывают операторы. Эквивалентные уровни звука для операторов всех производств не превышали допустимые уровни, а для машинистов превышали их на 4—5 дБА.

2.2. Промышленный шум — это совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм. Это понятие обычно рассматривается с точки зрения экологии и медицины, то есть как угрозу жизнедеятельности, а не как фактор, мешающий работе, потому что постоянное его воздействие может принести непоправимый вред здоровью. Традиционно, **рабочий шум** был постоянной опасностью для работников, занятых в сфере тяжёлой промышленности и ассоциировался только с ухудшением слуха. Современные понятия охраны

труда рассматривают шум как угрозу безопасности и здоровью работников многих профессий по различным причинам. Шум может привести не только к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 (dB)), но может быть фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление.

Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Шум может взаимодействовать с другими факторами угрозы на производстве, увеличивая риск для работников.

Чтобы определить степень воздействия шума на человека, проводятся измерения уровня шума и звуковое давление.

2.3. Влияние шума на здоровье

Воздействие шума приводит к функциональным нарушениям, расстройствам сердечнососудистой системы: спазму сосудов, повышению кровяного давления, учащению сердцебиения (так называемой шумовой болезни).

Влияние шума на ЦНС выражается астеническими реакциями, синдромом вегетативной дисфункции, астеновегетативным синдромом с характерными симптомами: раздражительностью, ослаблением памяти, апатией, подавленным настроением, гипергидрозом.

Действие шума на слух вызывает развитие тугоухости той или иной степени выраженности. Рабочие обращаются с жалобами на трудность восприятия шепотной речи, плохую слышимость высокого голоса, звон и писк в ушах. При значительной потере слуха пострадавший плохо слышит свой собственный голос, который несколько изменяется. Женщины более чувствительны к воздействию шума.

Снижается производительность труда, имеет место повышенный травматизм рабочих шумных цехов, раньше развиваются признаки утомления и чувство усталости.

Профилактические мероприятия. Борьба с шумом на производстве должна проводиться комплексно и включать меры технологического, санитарно-технического, лечебно-профилактического характера.

Одним из основных мероприятий является изменение технологии. Так, штамповку заменяют на прессовку.

Снижение шума достигается заменой возвратно-поступательных движений равномерно-вращательными. Ослабление шума достигается путем использования под полом упругих подкладок без жесткой связи с несущими конструкциями зданий, установкой оборудования на амортизаторы. Большой эффект дает покрытие вибрирующей поверхности материалом с большим

внутренним трением (резина, пробка и т. п.). Шумы ослабляются в результате устройства на машинах специальных кожухов или размещения шумящего оборудования в помещениях с массивными стенами без щелей и отверстий. Широко применяются средства звукопоглощения — минеральная вата, войлочные плиты, стекловолокно и др. Шумные цехи следует размещать в глубине заводской территории, удалять от тихих помещений, ограждать зоной зеленых насаждений.

Для защиты персонала от прямого воздействия шума применяют акустические экраны, звукоизолированные кабины наблюдения и дистанционного управления, а также средства индивидуальной защиты (наушники, шлемы, беруши).

Эквивалентный уровень шума, дБ(А)	Продолжительность работы, лет			
	5	10	15	20
до 80	0	0	0	0
85	1	3	5	6
90	4	10	14	16
95	7	17	24	28
100	12	29	37	42
105	18	42	53	58
110	26	55	71	78

Нарушением слуха при вычислениях для таблицы считалось стойкое снижение постоянного порога слуха не менее чем на 25 дБ.

Противопоказаниями для работы в условиях повышенного уровня шума являются: стойкое понижение слуха хотя бы на одно ухо (по любой причине); отосклероз и любые другие заболевания уха с неблагоприятным прогнозом для слуха; нарушение работы вестибулярного аппарата (по любой причине); невроты (неврастения, истерия, психопатия); заболевания сердечно-сосудистой системы; гипертоническая болезнь; стойкая сосудистая дистония; м стенокардия; невриты и полиневриты; органические заболевания цен-

тральной нервной системы (включая эпилепсию); язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки в стадии обострения (стр. 206^[2]). Видно, что точно предсказать снижение порога слуха у конкретного рабочего невозможно - это зависит от его индивидуальной «живучести» при воздействии данного вредного производственного фактора.

Использование средств индивидуальной защиты не позволяет надёжно предотвратить ухудшение здоровья, поэтому необходимо регулярно проходить медосмотры, и проводить при этом аудиометрию (так как это позволяет выявить ухудшение состояния органа слуха на начальных стадиях).

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94. 96
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Лекция 3

Производственный шум и методы устранения воздействия

3. 1. Уменьшение промышленного шума

Акустическая абсорбция — это меры по снижению уровня шума, издаваемого механизмом путём глушения вибраций, чтобы они не доходили до наблюдателя.

Когда два одинаковых источника промышленного шума находятся рядом и создают совокупный шум в 100 дВ, то выключение одного из них уменьшает шум на 3 дВ (остаётся 97 дВ).

Удвоение расстояния до источника шума уменьшает уровень звука на 6 дВ. Этот факт называется *Правило 6* и легко объясняется уравнением

$$10\log_{10} \left[\left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \right] = 20\log_{10} \left[\frac{D_2}{D_1} \right],$$

где D — расстояние, м

Если расстояние D_2 удвоить, то уравнение упрощается до $20 \cdot \log_{10} 2$, что равно 6.02 (или примерно 6).

Уровень шума в производственном помещении зависит от звукопоглощающих свойств (коэффициента звукопоглощения) материалов, использованных для отделки ограждающих поверхностей. Чем выше степень поглощения звука, тем ниже уровень шума в помещении^[4].

Чрезмерный уровень шума, создаваемый вентиляционным оборудованием (например, местным отсосом на проходческом комбайне), мешает своевременно и правильно его использовать, что затрудняет защиту от пыли.

3.2. Тональная аудиометрия

Для исследования работы органа слуха используется тональная аудиометрия. Для этого применяют аудиометры - приборы, состоящие из генератора звуков, усилителя громкости с регулятором, калиброванным в децибеллах, звукоизлучателя (телефонного типа в наушнике, изолирующем орган слуха от внешних шумов), и костный телефон.

В большинстве аудиометров обследуемый реагирует на сигнал, нажимая на кнопку. При исследовании костной проводимости может использоваться широкополосный («белый») шум, интенсивность которого 20-100 дБ. При исследовании регистрируется порог восприятия звука на разных частотах. Кроме того, можно отдельно проверить состояние звукопроводящей и звукопринимающей частей органа слуха (при повреждении первой обследуемый реагирует на звуковой сигнал, подводимый через кость).

3.3. Изменения при воздействии чрезмерного промышленного шума

При воздействии чрезмерно интенсивного шума в организме происходят изменения. Они затрагивают орган слуха, нервную и сердечно-сосудистую системы. Степень измерений зависит от интенсивности шума, его частот,

стажа работы, длительности действия шума индивидуальной чувствительности человека. Воздействие пыли, токсичных веществ, повышенное внимание, нервно-эмоциональное напряжение и напряжение определённых групп мышц усиливают эффект.

У здорового человека орган слуха может воспринимать звуки на частотах от ~16-20 до ~20 000 Гц. При этом на звуки одинаковой громкости, но разной частоты, люди реагируют по-разному. Наибольшая чувствительность у органа слуха человека - в диапазоне «средних» частот 1000-3000 Гц, и эти частоты чаще всего используются при разговоре.

Механизм ухудшения чувствительности органа слуха при чрезмерном уровне шума точно не выяснен. Как правило, стойкие изменения, вызванные шумом, развиваются постепенно. Нередко перед такими стойкими изменениями могут возникнуть и не стойкие - ухудшение слуха, вскоре проходящее после прекращения действия шума. Развитие начальных стадий ухудшения слуха может происходить после таких признаков, как ощущение шума или звона в ушах, головокружения, головной боли. Важно отметить, что при этом **никакого ухудшения восприятия речи не наблюдается**.

На начальных этапах ухудшения слуха (стойкого) симптомами могут быть: головная боль тупого характера; возникающее к концу смены чувство тяжести и шума в голове; головокружение при перемене положения тела; повышенная раздражительность; быстрая утомляемость; снижение трудоспособности, внимания, повышенная потливость (особенно при волнении); нарушение ритма сна (тревожный сон ночью и повышенная сонливость^[5] днём). При обследовании нередко выявляется мышечная слабость, тремор (дрожь) век, мелкий тремор пальцев вытянутых рук, снижение сухожильного рефлекса и возбудимости вестибулярного аппарата, и др. На начальных стадиях при изменениях сердечно-сосудистой системы могут быть жалобы на неприятные ощущения в области сердца в виде покалываний, и сердцебиения, возникающие при нервно-эмоциональном напряжении. При воздействии шума проявляется выраженная неустойчивость артериального давления и пульса - к концу смены пульс замедляется; повышается систолическое давление (наибольшее, которое у здоровых людей обычно около 120 мм рт. столба) и уменьшается диастолическое давление (наименьшее, оно у здоровых людей обычно около 88 мм рт. столба). Изменения в системе кровообращения, возникающие при воздействии чрезмерного шума, со временем могут привести к стойким изменениям сосудистого тонуса, способствующим развитию стойкого повышенного артериального давления (гипертонической болезни).

Снижение слуха, вызванное чрезмерным воздействием шума, не проявляется на начальных этапах развития, и практически не поддаётся лечению. В

то же время, поскольку до начала значительного ухудшения чувствительности в области наиболее необходимых в повседневной жизни «средних» частот происходит сильное и легко выявляемое ухудшение в области высоких частот, ухудшение слуха можно эффективно выявлять на начальных этапах с помощью регулярной аудиометрии, проводимой в рамках полноценной программы сохранения слуха. В США работодатель обязан провести медобследование, и установить пороги восприятия слуха на разных частотах, включая высокие. Эта аудиограмма считается базовой. Потом, при проведении периодических проверок, полученные значения чувствительности сравниваются с базовой аудиограммой. Если возникают отличия, может проводиться повторная проверка с целью исключить влияние случайных обстоятельств. При сравнении учитывается снижение слуха, связанное с естественным старением организма - то есть, учитывается и то, сколько лет прошло после получения базовой аудиограммы.

Для профилактики ухудшения слуха необходимо уменьшить дозу его воздействия - то есть и громкость шума, и продолжительность его воздействия. Средства индивидуальной защиты (вкладыши, наушники и др.) уменьшают воздействие шума на орган слуха, но их влияние очень нестабильно и не предсказуемо, и зависит от индивидуальных

особенностей человека. Они не снижают воздействие шума на другие органы. Единственный способ устранить неопределённость при использовании СИЗ органа слуха - это регулярно проводить медобследование для оценки эффективности всех мер, направленных на защиту рабочего (включая использование СИЗ органа слуха). Специалисты в РФ рекомендуют проводить аудиометрию при уровне шума от 81 до 99 дБ 1 раз в 2 года, а при уровне шума свыше 100 дБ - 1 раз в год, с участием отоларинголога, невропатолога и терапевта. При необходимости помимо аудиометрии исследуют вестибулярный аппарат.

При рациональном профессиональном отборе рекомендуется направлять на рабочие места с повышенным уровнем шума людей в возрасте от 18 до 30 лет.

3.3. Производственный шум и методы устранения воздействия

Шум – беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков. Он способен оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека. Источниками шума могут быть двигатели, насосы, компрессоры, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, бункеры, компрессоры и т.д.

Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах (Гц), и интенсивность – уровень звукового давления, измеряемый в децибелах (дБ). Для человека область слышимых звуков определяется в интервале от 16 до 20 000 Гц/

Для гигиенической оценки шум подразделяют:

- по характеру спектра – на широкополосный с непрерывным спектром (шириной более одной октавы) и тональный, в спектре которого имеются дискретные тона;
- по спектральному составу – на низкочастотный (максимум звуковой энергии приходится на частоты ниже 400 Гц), среднечастотный (максимум звуковой энергии на частотах от 400 до 1000 Гц) и высокочастотный (максимум звуковой энергии на частотах выше 1000 Гц);
- по временным характеристикам – на постоянный (уровень звука изменяется во времени, но не более чем на 5 дБ (по шкале А) и непостоянный.

К непостоянному шуму относятся:

- колеблющийся шум, при котором уровень звука непрерывно изменяется во времени; прерывистый шум (уровень звука остается постоянным в течение интервала длительностью 1 сек. и более);
- импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью менее 1 сек.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные (например, заменаковки и штамповки обработкой давлением). Однако этот путь борьбы не всегда возможен, поэтому большое значение имеет:

- снижение шума в источнике, что достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум;
- использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами;
- оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Медицинскими противопоказаниями к допуску на работу, которая связана с воздействием интенсивного шума, являются следующие заболевания:

- стойкое понижение слуха, хотя бы на одно ухо, любой этиологии;
- тосклероз и другие хронические заболевания уха с заведомо неблагоприятным прогнозом;

- нарушение функции вестибулярного аппарата любой этиологии, в том числе болезнь Меньера;
 - наркотическая, хроническая алкогольная зависимость;
 - выраженная вегетативная дисфункция;
 - гипертоническая болезнь (все формы).
- сроки периодических медицинских осмотров устанавливаются в зависимости от интенсивности шума.

3.4. Инфразвук

Инфразвуком называют акустические колебания с частотой ниже 20 Гц. Этот частотный диапазон лежит ниже порога слышимости и человеческое ухо не способно воспринимать колебания указанных частот. Должны приниматься меры по снижению интенсивности аэродинамических процессов – ограничение скоростей движения транспорта, снижение скоростей истечения жидкостей (авиационные и ракетные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, системы сброса пара тепловых электростанций и т.д.).

Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБА) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

Различают следующие степени потери слуха:

I степень (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 10 - 20 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 60 дБ;

II степень (умеренное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 21 - 30 дБ, на частоте 4000 Гц – 20 - 65 дБ;

III степень (значительное снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот составляет 31 дБ и более, на частоте 4000 Гц – 20 - 78 дБ.

В настоящее время «шумовая болезнь» характеризуется комплексом симптомов:

- снижение слуховой чувствительности;
- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- сердечно-сосудистая недостаточность; нейроэндокринные расстройства.

Многочисленными исследованиями установлено, что длительное воздействие шума на человека сказывается на его здоровье. Слуховой аппарат человека является всего лишь воротами, через которые шум проникает в организм и воздействует на центральную нервную систему человека. Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса. Средства, снижающие

шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, аэродинамического и гидродинамического происхождения, электромагнитного происхождения.

Для источников механического шума снижение шума обеспечивается заменой возвратно-поступательного перемещения деталей вращательным, заменой ударных процессов безударными (клепку - сваркой, обрубку - фрезерованием), повышением качества балансировки вращающихся деталей и класса точности изготовления деталей, улучшением смазки трущихся поверхностей, заменой материалов.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно - технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

Изменение направленности излучения шума. В ряде случаев величина показателя направленности G достигает 10 - 15 дБ, что необходимо учитывать при использовании установок с направленным излучением, ориентируя эти установки так, чтобы максимум излучаемого шума был направлен в противоположную сторону от рабочего места.

Рациональная планировка предприятий и производственных помещений позволяет снизить уровень шума на рабочих местах за счет увеличения расстояния до источников шума.

3.5. Ультразвук, его источники, воздействие ультразвуковых колебаний на здоровье человека

Ультразвуком называют механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний предел слышимости – 20 000 Гц. Их нельзя услышать, но они, тем не менее, воздействуют на барабанные перепонки и могут причинить острую боль. Ультразвуки обладают высокой проникающей способностью и могут использоваться для медицинской диагностики.

Ультразвук возникает в производственных процессах при металлообработке, в процессах сушки, очистки (например, от ржавчины или старой краски), свар-

ки, при дефектоскопии металлов.

Единицей измерения уровня звукового давления является дБ. Единицей измерения интенсивности ультразвука является ватт на квадратный сантиметр (Вт/см^2).

Мероприятия технического характера:

- создание автоматизированного ультразвукового оборудования с дистанционным управлением;

- использование по возможности маломощного оборудования, что способствует снижению интенсивности шума и ультразвука на рабочих местах на 20-40 дБ;

- размещение оборудования в звукоизолированных помещениях или кабинетах с дистанционным управлением; оборудование звукоизолирующих устройств, кожухов, экранов из листовой стали или дюралюминия, покрытых резиной, противοшумной мастикой и другими материалами.

Ультразвук вызывает изменения в нервной, сердечнососудистой и эндокринной системах человека. Наиболее характерным проявлением вредного воздействия ультразвука является вегетососудистая дистония.

Степень выраженности изменений в организме человека от действия ультразвука зависит от его интенсивности и длительности воздействия. У работников, подверженных систематическому воздействию ультразвука, кроме указанных нарушений, наблюдаются изменения свойств и состава крови, повышенное артериальное давление. Возникает быстрое утомление, появляются головные боли, потеря слуховой чувствительности. Длительное воздействие ультразвука приводит к расстройству центральной нервной системы. Контактное ультразвуковое облучение рук приводит к нарушению капиллярного кровообращения в кистях, снижению болевой чувствительности.

Воздействие усиливается при наличии в спектре еще и высокочастотного шума. При этом наблюдаются выраженное снижение слуха, расстройство вестибулярного аппарата.

Защита от ультразвука. Для индивидуальной защиты от ультразвука используют традиционные средства и методы: противοшумы (звуковые колебания в противофазе), наушники, резиновые перчатки, звукоизолирующие материалы, кожухи, экраны, звукопоглощающие устройства. Однако применение традиционных методов при защите от ультразвуковых колебаний дает несколько меньший эффект. Поэтому на рабочих местах не должны превышать допустимые нормативы по уровню ультразвука.

Основой для оценки условий труда по фактору ультразвука является документ Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

3.6. Оценка условий труда по факторам шума

Основой для оценки условий труда являются два документа, оба они носят обязательный характер: Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Определение класса условий труда при воздействии производственного шума производится при сопоставлении его с предельно допустимыми уровнями ПДУ шума на рабочих местах, установленными с учетом тяжести и напряженности трудовой деятельности. В санитарных нормах представлены ПДУ шума для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учетом указанных факторов. Определение реальной шумовой нагрузки за сутки проводят для разработки оптимальных режимов труда и отдыха железнодорожников, связанных с безопасностью движения поездов.

Оценка показала, что условия труда железнодорожников в преобладающем большинстве случаев соответствуют третьему классу при степени вредности 2 или 3. Например, уровень производственного шума, воздействующего на машинистов электропоездов, тепловозов, дизель- и электропоездов, автомотрис, путевых ремонтных машин и их помощников серьезно превышает допустимый, что оценивается в основном как класс условий труда 3.3.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94.

6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Лекция 4

Вибрация и её вредное действие на организм человека

4.1. Общие сведения о вибрации и шуме

Вибрация (лат. Vibratio - колебание, дрожание) - механические колебания - процесс изменения какой-либо механической величины (числа), определяющей положения материального тела или его точки, при котором эта величина или величина, характеризующая скорость её изменения, поочередно, то возрастает, то убывает во времени.

О вибрации также говорят в более узком смысле, подразумевая механические колебания, оказывающее ощутимое влияние на человека. Вибрация представляет собой механические колебательные движения, непосредственно передаваемые телу человека. В этом случае подразумевается частотный диапазон 1,6-1000 Гц. Понятие вибрация тесно связано с понятиями шум.

За последние годы установлено, что вибрация, как и шум, действует на организм человека энергетически, поэтому ее стали характеризовать спектром по колебательной скорости, измеряемой в сантиметрах в секунду, или (как и шум) в децибелах; **за пороговую величину вибрации условно принята скорость в $5 \cdot 10^{-6}$ см/сек.**

Производственными источниками локальной вибрации являются ручные механизированные машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия с пневматическим или электрическим приводом.

Инструменты ударного действия: клепальные, рубильные, отбойные молотки, пневмотрамбовки.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

- уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

- средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно.

4.2. Виды вибраций

Вибрация дифференцируется на следующие виды:

- локальная вибрация, передающаяся человеку от ручного механизированного (с двигателями) инструмента;
- локальная вибрация, передающаяся человеку от ручного немеханизированного инструмента;
- общая вибрация 1 категории - транспортная, вибрация воздействующая на человека на рабочих местах транспортных средств, движущихся по местности, дорогам и пр., пример: тракторы, грузовые автомобили, скутеры, мотоциклы, мопеды;
- общая вибрация 2 категории - транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений и т. п., пример: краны, напольный производственный транспорт;
- общая вибрация 3 категории - технологическая вибрация, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. Пример: станки, литейные машины.

4.3. Вибрации в живых организмах

Психологической значимости вибрации и движению мышц в живых организмах уделял особое внимание выдающийся русский физиолог И.М. Сеченов.

Допустимый уровень вибрации

Нормирование технологической вибрации как общей, так и локальной производится в зависимости от ее направления в каждой октавной полосе (1,6 - 1000 Гц) со среднеквадратическими виброскоростями (1,4 - 0,28) 10, м/сек, и логарифмическими уравнениями виброскорости (115-109 Дб), а также виброускорением (85 - 0,1 м/сек²). Нормирование общей технологической вибрации производится также в 1/3 октавных полосах частот (1,6 - 80 Гц).

4.4. Воздействие на организм

Действие вибраций на человека различно. Оно зависит от того, вовлечён ли в неё весь организм или часть, от частоты, силы и продолжительности и пр.

Воздействие вибрации может ограничиться ощущением сотрясения или привести к изменениям в нервной <#"justify"> 6. Воздействие общей вибрации.

Общая вибрация по источнику возникновения подразделяется на транспортную, транспортно-технологическую и технологическую.

Водители транспортных машин (тракторов, самоходной сельскохозяйственной техники, грузового автотранспорта, землеройных машин и др.), а также операторы транспортно-технологического оборудования (экскаваторов, подъемных кранов, горнодобывающих машин, бетоноукладчиков и др.) подвергаются воздействию общей и локальной вибрации. На рабочие места передается низкочастотная толчкообразная вибрация беспорядочного характера, возникающая в процессе передвижения машин по неровной поверхности или от работы подвижных частей механизмов. На рабочее место водителя, в т.ч. и на органы управления, передается вибрация, возникающая в результате работы двигателя.

К источникам технологических вибраций относятся: оборудование, действие которого основано на использовании вибрации и ударов (виброплатформы, вибростенды, молоты, штампы, прессы и т.д.); мощные электрические установки (компрессоры, насосы, вентиляторы, некоторые металлообрабатывающие станки и др.).

Степень воздействия общей вибрации на организм характеризуется следующими показателями:

- .состоянием основных нервных процессов в центральной нервной системе (возбуждения и торможения);

- .реакциями со стороны сердечно-сосудистой системы (изменением сердечной деятельности);

- .общим состоянием: утомлением, проявлением в связи с воздействием В. других неприятных ощущений (зуда, тошноты, ощущения тряски внутренних органов и т. д.).

При изучении биологического действия вибрации принимается во внимание характер ее распространения по телу человека, которое рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. С точки зрения механики человеческое тело всего лишь механическая система, обладающая определенными собственными резонансными частотами. Различные внутренние органы и отдельные части тела (голова, сердце и др.) можно рассматривать как колебательные системы с определенной массой, соединенные между собой «пружинами», с определенными упругими свойствами и параллельно включенными сопротивлениями. Очевидно, что такая система обладает рядом ре-

зонансов, частоты которых могут совпадать с частотами работающих машин, механизмов и др.

Для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеются два резонансных пика на частотах 5-12 Гц и 17-25 Гц, для сидящего - на частотах 4-6 Гц. Для большинства внутренних органов собственные частоты лежат в диапазоне 6-9 Гц. Особенно опасна вибрация с частотой около 8 Гц из-за ее возможного совпадения с ритмом биотока мозга.

Исследованиями была выявлена очень важная биологическая закономерность. Например, ослабление внимания наблюдается на частотах порядка 10-12 Гц, если вибрация частотой выше 15 Гц (особенно 60-90 Гц) воздействует на человека вдоль его туловища в направлении вертикальной оси, то снижается острота зрения.

Способность следить за колебательными движениями объекта утрачивается на частотах 1-2 Гц и почти исчезает при 4 Гц. Частота вибрации, вызванная неровностями дороги и несовершенством наземного транспорта, лежит в диапазоне до 15 Гц, т.е. представляет собой реальную опасность и может послужить причиной аварий.

При частотах от 4 до 10 Гц речь человека искажается, а иногда прерывается.

Систематическое воздействие общих вибраций в резонансной или околорезонансной зоне может быть причиной стойких нарушений физиологических функций организма. Эти нарушения проявляются в виде головных болей, головокружения, плохого сна, пониженной работоспособности, плохого самочувствия, нарушения сердечной деятельности, а при совпадении резонансных частей вибрации и органа могут вызвать механическое повреждение или даже разрыв этих органов.

4.5. Воздействие локальной вибрации

Производственными источниками локальной вибрации является ручной механизированный инструмент ударного (клепальные, рубильные, отбойные молотки, пневмотрамбовки), ударно-10 вращательного (пневматические и электрические перфораторы) и вращательного (шлифовальные, сверлильные инструменты; электро и бензомоторные пилы) действия. Локальная вибрация имеет место при точильных, наждачных, шлифовальных, полировочных работах, выполняемых на стационарных станках с ручной подачей изделий; при работе ручным инструментом без двигателей (рихтовочные работы). К возможным источникам локальной вибрации относятся органы ручного управления машинами и оборудованием.

Ручные виброопасные механизмы генерируют вибрацию, уровни которой зачастую значительно превышают нормативные значения (112 дБ) на 5-26 дБ и более. Пневмотрамбовки, гайковертки, горные сверла создают вибрацию с высокими уровнями в области низких частот. Максимальные уровни колебательной скорости пневматических отбойных молотков, бурильных перфораторов с числом ударов до 2000 в 1 мин чаще лежат в широкой области низкой, средних и отчасти высоких частот.

Причинами повышения уровней локальной вибрации являются:

- снижение величины осевого усилия подачи;
- изменение физико-химических свойств материалов;
- увеличение длины вставного инструмента для рубильных молотков, диаметра заклепок для клепальных молотков;
- удлинение оправок и увеличение диаметра абразивного круга шлифовальных машин;
- изношенность и неисправность инструмента.

Локальная (местная) вибрация малой интенсивности может оказывать благоприятное воздействие на организм человека, восстанавливая трофические изменения, улучшая функциональное состояние ЦНС, ускоряя заживление ран и т. п.

При увеличении интенсивности колебаний, длительности их воздействия возникают изменения, приводящие в ряде случаев к развитию профессиональной патологии - вибрационной болезни.

Выраженность и характер нарушений определяются в первую очередь спектральными и амплитудными параметрами вибрации, а также условиями труда, при которых это воздействие происходит.

Влияние низкочастотной вибрации приводит к развитию вибрационной патологии с травмированием поражений нервно-мышечной системы, опорно-двигательного аппарата и менее выраженным сосудистым компонентом. Например, такая форма наблюдается у формовщиков, бурильщиков и др.

Средне - и высокочастотная вибрация вызывает различные по степени выраженности сосудистые, нервно-мышечные, костно-суставные и иные нарушения. При работе со шлифовальными инструментами и другими источниками высокочастотной вибрации возникают в основном сосудистые нарушения. В результате влияния интенсивной локальной вибрации вначале появляются функциональные, а затем дистрофические изменения в рецепторном аппарате и нервных сплетениях мелких сосудов в области верхних конечностей.

Важную роль в инициировании приступа побеления пальцев играет воздействие холода, вызывающее рефлекторное, опосредованное симпатической

системой сужение сосудов. Усугубляет нарушение микроциркуляции и проницаемости сосудов кислородный дисбаланс. Дефицит кислорода способствует также развитию трофических нарушений в дистальных отделах верхних конечностей, в частности, возникновению миофиброзов, артрозов, снижению минерального компонента костной ткани, все это вызывает снижение кожной чувствительности, отложению солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов, вплоть до полного окостенения кисти рук.

Таким образом, локальная вибрация с колебаниями низких частот вызывает резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот-спазм сосудов.

Сроки развития периферических расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре В.(30-125 Гц) заболевание развивается через 8-10 лет работы, а при работе с инструментом ударного действия, приводит к развитию сосудистых, нервномышечных, костно-суставных и других нарушений через 12-15 лет.

Виброблезнь относится к группе профзаболеваний. Эффективное лечение возможно лишь на ранних стадиях. В особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности. По статистическим данным 1/3 выявленных профессиональных заболеваний связана с воздействием вибрации и шума. Наиболее высокая заболеваемость вибрационной болезнью регистрируется на предприятиях тяжелого, энергетического, транспортного машиностроения, угольной промышленности и цветной металлургии.

4.6.. Виды вибраций и воздействие на человека

По характеру воздействия различают общую и локальную вибрации. При общей вибрации происходит сотрясение всего организма. Общая вибрация с учетом свойств источника ее возникновения подразделяется на:

- транспортную (для транспортных рабочих, водителей и т.д.);
- транспортно - технологическую (для операторов прокатных станов, сборочных конвейеров и т.д.);
- технологическую, которая возникает при работе стационарного технологического оборудования и передается на рабочие места, не имеющие источников вибрации (сюда можно отнести категорию лиц, занимающихся умственным трудом).

При локальной вибрации происходит сотрясение кистей рук, отдельных частей тела, например, при работе с ручным механизированным инструментом (бурильщики, сверловщики, а также кузнецы и т.д.).

Влияние вибрации на человека зависит от её спектрального состава, направления, места подключения, продолжительности воздействия.

Тело человека, рассматриваемое как вязкоупругая механическая система, обладает собственными частотами с достаточно выраженными резонансными свойствами. Резонансные частоты тела человека: глаза 12 - 27 Гц, грудная клетка 2 - 12 Гц, ноги и руки 2 - 8 Гц, голова 8 - 27 Гц, позвоночник 4 - 14 Гц.

При значительных уровнях вибрации в диапазоне частот 4 - 10 Гц человек может испытывать болевые ощущения и дискомфорт вследствие резонансных колебаний системы «грудь-живот». Резонансы головы вызывают снижение остроты зрения вследствие смещения изображения объекта относительно сетчатки глаза, а также вызывают возрастание ошибок оператора.

Особо опасны вибрации с частотой, совпадающей с собственной частотой внутренних органов человеческого организма - 6 - 9 Гц, могут вызвать механическое повреждение или даже разрыв этих органов.

Систематическое воздействие общей вибрации с высоким уровнем виброскорости может стать причиной профессионального заболевания - вибрационной болезни (виброболести). Её проявления - головные боли, головокружение, нарушение сна, плохое самочувствие, пониженная работоспособность. Вибробольность лечится медленно и лишь на ранних стадиях. Появление необратимых изменений в организме приводит к инвалидности.

4.7. Методы защиты от вредного воздействия вибрации

Вибрационная безопасность труда - это система качественных и количественных показателей и характеристик труда, формирующих его специфику элементов, которая обеспечивает отсутствие неблагоприятного воздействия вибрации на организм человека оператора.

Вибробезопасные условия труда обеспечиваются:

применением вибробезопасных машин;

применением средств виброзащиты, снижающих воздействующую вибрацию на путях распространения;

проектирование технологических процессов и производственных помещений, обеспечивающих не превышение санитарных норм вибрации на рабочих местах;

организационно-техническими мероприятиями, направленными на улучшение эксплуатации машин, своевременный их ремонт и контроль вибрационных параметров;

разработкой рациональных режимов труда и отдыха.

Классификация методов и средств защиты приведены в ГОСТ 26568-85. Комплекс профилактических мероприятий, принятых в нашей стране, включает: гигиеническое нормирование, организационно-технические и лечебно-профилактические меры. Основным документом, регламентирующим параметры производственных В., являются санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566 - 96. Санитарные нормы устанавливают классификацию В.; методы гигиенической оценки В.; нормируемые параметры и их допустимые величины. Санитарные правила и нормы Сан ПиН 2.2.2. 540 - 96 устанавливают: требования к ручным механизированным инструментам (к силовым характеристикам) - массе; весу, воспринимаемому руками оператора при выполнении технологических операций; силе нажатия, необходимой для работы в номинальном режиме; усилию нажатия пусковых устройств; правила организации работ с ручным инструментом; мероприятия по профилактике.

В качестве средств индивидуальной защиты от общей вибрации используется виброизолирующая обувь, стельки, подметки. Наиболее действенным средством защиты человека от общей вибрации являются устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

4.8. Защита от локальной вибрации

Снижение неблагоприятного действия локальной вибрации ручного механизированного инструмента на операторов достигается:

- путем уменьшения интенсивности вибрации непосредственно в источнике (применение рукояток с виброгасящими или амортизирующими устройствами, например виброгасящие рукоятки на воздушной подушке или пружинные);

- средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками оператора (например виброизолирующие рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки).

В комплексе мероприятий по снижению неблагоприятного действия вибрации на организм человека важная роль отводится режимам труда и отдыха. Согласно режимам труда суммарное время контакта с вибрацией в течение смены должно быть ограничено в соответствии с величиной превышения нормативного уровня. Рекомендуется устанавливать два регламентных перерыва для активного отдыха, проведения физиотерапевтических процедур и т. д.: 1-й - продолжительность 20 мин (через 2 ч после начала смены) и 2-й -

30 мин (через 2 ч после обеденного перерыва). Обеденный перерыв должен длиться не менее 40 мин. При работе с вибрирующим оборудованием продолжительность одноразового непрерывного действия вибрации не должна превышать 10 - 15 мин.

К медико-биологическим и общеоздоровительным мероприятиям профилактики вибрационной патологии относятся:

- тепловые процедуры для рук в виде гидропроцедур (ванночки с температурой воды +37-38 С) или сухого воздушного обогрева;
- взаимомассаж и самомассаж рук и плечевого пояса;
- производственная гимнастика;
- ультрафиолетовое облучение;
- витаминпрофилактика и другие мероприятия общеукрепляющего характера, например, комната психологической разгрузки, кислородный коктейль и др.

Среди лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение неблагоприятного воздействия общей и локальной вибрации, важное место отводится ранней диагностике заболеваний и активной дифференцированной диспансеризации работников виброопасных профессий. Диспансеризация предусматривает предупреждение возникновения (первичная профилактика), прогрессирования (вторичная профилактика) вибрационной болезни, а также заболеваний непрофессионального характера. На основании приказа Министерства здравоохранения №700 от 19.04.84 работающие с инструментом и оборудованием, генерирующим локальную (местную) или общую вибрацию, проходят периодические медицинские осмотры 1 раз в 12 месяцев (отоларингологом 1 раз в 24 месяца)

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94.

6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Лекция 5

Виброакустические факторы, нормирование и оценка

5.1. Общие положения

Акустический шум и механическая вибрация относятся к распространенным физическим вредным производственным факторам, влияющим на окружающую среду и людей.

Измерение параметров этих факторов, их нормирование и контроль приобретают все большее значение: разработаны соответствующие международные и государственные стандарты; разработаны стандарты, устанавливающие технические требования на средства измерения и их поверку; в терминологических стандартах установлены термины и их определения, измеряемые величины, единицы измерения и их обозначения.

Стандарты по акустике и вибрации разработаны Международной организацией по стандартизации (ИСО), Международной электротехнической комиссией (МЭК) и Международной организацией законодательной метрологии (МОЗМ).

Технический регламент – это документ, который принят международным договором ДНР, ратифицированным в порядке, установленном законодательством ДНР, или указом Главы республики ДНР. В нем устанавливают обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации). Требования технических регламентов основываются на современных достижениях науки, техники и технологии, на стандартах, правилах и нормах и учитывают назначение, условия использования продукции, выполнения работ и оказания услуг, условия и режимы труда и отдыха. С другой стороны, с введением в действие технических регламентов стандарты и иные нормативные правовые акты в соответствии с законом «О техническом регулировании» приобретают статус добровольных нормативных документов и применяются в части, не противоречащей действующим техническим регламентам с целью обеспечения их исполнения.

Требования к шуму и вибрации устанавливают в трех общих технических регламентах (на безопасную эксплуатацию и утилизацию машин и оборудования, на биологическую и экологическую безопасность), в двух специальных (макроотраслевых) технических регламентах (о безопасности объектов технического регулирования, необходимых для обеспечения санитарно – эпидемиологического благополучия на территории Российской Федерации и о безопасности машин и оборудования), а также в специальных (отраслевых) технических регламентах о безопасности специфических видов деятельности и специфического оборудования.

5.2. Величины, используемые для характеристики степени воздействия акустического шума и вибрации

Основные измеряемые величины и их обозначения, используемые для характеристики воздействия акустического шума и вибрации в современных международных стандартах.

Методы их измерения описаны в более 100 международных и национальных стандартах. Новое поколение международных стандартов вводится в настоящее время в государственные стандарты.

Единицы измерения, применяемые в акустике и вибрации, воспроизводят государственные эталоны и передают их с помощью рабочих эталонов рабочим средствам измерения.

Уровни акустического шума определяют относительно опорных значений:

- звукового давления 2×10^{-5} Па = 20 мкПа;
- интенсивности звука 10^{-12} Вт/м² = 1 пкВт/м²;
- звуковой мощности 10^{-12} Вт = 1 пкВт.

Уровни вибрации определяют относительно опорных значений:

- виброускорения 10^{-6} м/с²;
- виброскорости 5×10^{-8} м/с (10^{-9} м/с по ИСО 1683);
- виброперемещения 10^{-12} м.

5.3. Механизм воздействия виброакустических факторов на человека

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 и утвержденным Госсанэпиднадзором ДНР руководством Р 2.2.755-99 повышенные шум, вибрация, инфразвук и ультразвук являются вредными физическими факторами производственной

среды, воздействие которых на работающих при определенных условиях может привести к заболеванию или стойкому снижению работоспособности.

В документах Международной организации по труду (МОТ) под шумом понимают любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении (Конвенция 148). В соответствии с этим определением понятие «шум» включает в себя также звуковые колебания инфра- и ультразвуковых частот. На практике же под шумом понимают в основном лишь слышимые звуки.

Некоторые особенности влияния шума и инфразвука на организм человека рассмотрены в первой книге данной серии справочников. Разнообразные механизмы воздействия рассматриваемых факторов на человеческий организм описаны в практическом руководстве по эколого-гигиенической оценке и контролю физических факторов. Там же дана соответствующая библиография по данному вопросу.

Воздействие фактора на человека зависит от его интенсивности, спектрального состава, временных характеристик и продолжительности действия.

5.4. Воздействие шума

Шум с уровнем звукового давления 100-120 дБ на низких частотах и 80-90 дБ в среднем и высокочастотном диапазонах приводит к временному повышению порога слышимости, которое при постоянном воздействии в течение 10 лет переходит в необратимое снижение слуха.

При этих уровнях шума требуется больше физических и нервно-психических усилий, чем при уровне звукового давления ниже 70 дБ. Это приводит к быстрой утомляемости, снижению концентрации внимания, и, как следствие, производительности труда, служит причиной увеличения брака и числа случаев производственного травматизма. Перенапряжение центральной нервной системы в процессе труда и отдыха вызывает такие серьезные болезни, как гипертоническая и язвенная, желудочно-кишечные и кожные, неврозы. Повышенный шум вызывает головокружение, беспричинную раздражительность, головные боли, неустойчивое эмоциональное состояние, при этом с увеличением стажа повышается число лиц с жалобами на плохую переносимость шума.

Четко определенным на сегодняшний день повреждением организма от воздействия шума в классическом понимании, которое в современной медицине принято считать неизлечимым, является тугоухость (неврит слухового нерва). Основным признаком тугоухости служит сильное понижение чувствительности слуха на высоких частотах. Слух считается поврежденным, если среднеарифметическая величина постоянного смещения уровней порога слу-

ха, определенная аудиометром на частотах 500, 1000 и 2000 Гц составляет не менее 25 дБ по сравнению с соответствующим средним уровнем по стандарту ИСО 389 .

Различают три степени потери слуха:

- I степень (легкое снижение слуха) – потеря слуха в области речевых частот 500-2000 Гц составляет 10-20 дБ и на частоте 4000 Гц - 60 ± 20 дБ;
- II степень (умеренное снижение слуха) – потеря слуха, соответственно, составляет 21-30 дБ и 65 ± 20 дБ;
- III степень (значительное повреждение слуха) – потеря слуха, соответственно, составляет не менее 31 дБ и 78 ± 20 дБ.

5.5. Воздействие инфразвука

Инфразвуковые волны оказывают выраженное неблагоприятное действие на организм, особенно на психоэмоциональную сферу, влияют на работоспособность, сердечно-сосудистую, эндокринную и другие системы, кохлео-вестибулярный аппарат . Люди хуже всего чувствуют себя при воздействии инфразвука и воздушных вибраций около 7 Гц (резонанс грудной клетки и брюшной полости). В последние годы в литературе введено даже понятие виброакустической болезни как патологии, связанной с воздействием низкочастотного шума, включая инфразвук.

Экспериментальными исследованиями установлено наличие повышенных уровней инфразвука на рабочих местах различных видов транспортных средств (грузовые автомобили, трайлеры, автобусы «Икарус» и «RAF», речные и морские суда, кабины водителей пригородных электропоездов и электропоездов метро, различные виды земляных машин и сельскохозяйственных тракторов), предприятий металлургической промышленности (у доменных, кислородно-конверторных и мартеновских печей, в цехах горячей и холодной прокатки), у пультов управления операторов компрессорных цехов, на территории компрессорных станций угольных шахт, вблизи воздухозаборов. Имеются данные о вредном воздействии инфразвука в среде проживания человека.

Ориентировочной характеристикой для оценки наличия инфразвука является уровень звукового давления, измеренный по шкале шумомера „Линейная“. Для оценки степени выраженности инфразвука используется разность между показаниями шумомера по шкале „Линейная“, дБ *Лин*, и с использованием частотной коррекции „А“, дБ *А*. При разности уровней дБ *Лин* – дБ *А* менее 10 дБ - уровни инфразвука незначительные, при разности от 11 до 20 дБ - имеет место инфразвук низких уровней, более 21 дБ - уровни инфразвука значительные.

В международном стандарте ИСО 7196 отмечается, что нормальный порог восприятия инфразвука значительно выше, чем на слышимых частотах (около 100 дБ или 20 мкПа на 10 Гц), в то время как устойчивость к высоким уровням не увеличивается соответственно. В результате динамический ряд меньше, и темпы роста чувствительности с увеличением уровня звукового давления значительно выше. В частотном диапазоне от 1 Гц до 20 Гц звуки, воспринимаемые «средним» человеком, соответствуют уровням (измеренным с использованием введенной этим стандартом специальной частотной коррекции G , - разд.7.3 ИСО 7196), близким 100 дБ G . Очень громкий шум будет давать уровень звука порядка 120 дБ G , всего на 20 дБ выше. Инфразвуки с уровнями звука ниже 90 дБ G не будут существенными для восприятия средним человеком. Вместе с тем, исследованиями российских медиков установлено, что для более адекватного описания вредного воздействия инфразвука необходимо руководствоваться реакцией на него не столько слухового, сколько вестибулярного анализатора.

Выделяют следующие зоны активного и пассивного воздействия инфразвука.

- Зона „функционального покоя" - верхняя граница 85-90 дБ G . В этой зоне инфразвук не оказывает влияния на организм.

- Зона „функционального утомления" - верхняя граница 105-115 дБ G . Для этой зоны пребывание в условиях относительного звукового покоя (ниже 90 дБ G) в течение 15-20 мин обеспечивает полный восстановительный процесс. При сроках воздействия до 15 суток (110 дБ G) изменения в организме носят аналогичный характер, но время восстановительных процессов составляет около 6 часов.

Зона „функциональных начальных деструктивных изменений" - верхняя граница 125-140 дБ G (у миокарда 115-120 дБ G). На восстановительные процессы в этой зоне требуется 2-2,5 суток пребывания в условиях относительного звукового покоя (ниже уровня 90 дБ). При больших уровнях звука начинается зона необратимых деструктивных изменений в организме.

5.6. Воздействие ультразвука

При систематическом воздействии интенсивного низкочастотного ультразвука (октавные полосы со среднегеометрическими частотами 16-63 кГц) с уровнями, превышающими предельно допустимые, у работающих могут наблюдаться функциональные изменения центральной и периферической нервной системы, сердечнососудистой, эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов, гуморальные нарушения .

Наиболее характерным является наличие вегетососудистой дистонии и астенического синдрома. Лица, длительное время обслуживающие низкочастотное ультразвуковое оборудование, предъявляют жалобы на головную боль, головокружение, общую слабость, быструю утомляемость, расстройство сна, сонливость днем, раздражительность, ухудшение памяти, повышенную чувствительность к звукам, боязнь яркого света. Встречаются также жалобы на похолодание конечностей, приступы бледности или покраснения лица, нередко жалобы диспепсического характера.

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

Эффекты, вызываемые ультразвуком, условно подразделяют на следующие:

- механические, вызываемые знакопеременным смещением среды, радиационным давлением и т.д.;
- физико-химические, связанные с ускорением процессов диффузии через биологические мембраны, изменением скорости биологических реакций;
- термические, являющиеся следствием выделения тепла при поглощении тканями ультразвуковой энергии, повышением температуры на границах тканевых структур, нагревом на газовых пузырьках;
- эффекты, связанные с возникновением в тканях ультразвуковой кавитации (образование с последующим захлопыванием парогазовых пузырьков в среде под действием ультразвука).

Среди работающих с источниками контактного ультразвука отмечен высокий процент жалоб на наличие парестезий, повышенную чувствительность рук к холоду, чувство слабости и боли в руках в ночное время, снижение тактильной чувствительности, потливость ладоней. Имеют место также жалобы на головные боли, головокружение, шум в ушах и голове, на общую слабость, сердцебиение, болевые ощущения в области сердца.

В 1989 году вегетативно-сенсорная (ангионевроз) полинейропатия рук, развивающаяся при воздействии контактного ультразвука, признана профессиональным заболеванием.

5.7. Нормирование инфразвука (СН 2.2.4/2.1.8.583-96)

Гигиеническое нормирование инфразвука базируется на критериях здоровья и работоспособности с оценкой влияния инфразвука на целостный организм в процессе трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести.

Установлены следующие принципы нормирования инфразвука.

Нормирование по характеру спектра инфразвука:

- широкополосный, с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

- тональный, в спектре которого имеются дискретные составляющие.

Тональный характер инфразвука устанавливают в октавных полосах частот по превышению уровня в одной октавной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

При нормировании учитывают временные характеристики инфразвука, по которым его подразделяют на постоянный и непостоянный.

Постоянный инфразвук – инфразвук, уровень звукового давления которого изменяется за время наблюдения не более чем на 6 дБ при измерениях по шкале шумомера „Линейная” на временной характеристике „медленно”.

Уровень звукового давления непостоянного инфразвука изменяется не менее чем на 6 дБ при измерениях по шкале шумомера „Линейная” (*Лин*) на временной характеристике „медленно” (*S*).

Нормируемыми характеристиками постоянного инфразвука являются:

- уровень звукового давления в децибелах в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, соответствующими предпочтительному ряду по ГОСТ 12090 2, 4, 8, 16 Гц;

- уровень звукового давления (при одночисловой оценке), измеренный по шкале шумомера "Линейная", в дБ $_{Лин}$ при условии, если разность между уровнями, измеренными по шкалам "Линейная" и "А" на временной характеристике шумомера "медленно" составляет не менее 10 дБ.

Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц и эквивалентный (по энергии) общий уровень звукового давления в дБ $_{Лин}$, определяемые в зависимости от периода наблюдения T , ч; продолжительности t_i , ч; действия шума с уровнем звукового давления L_i , общего числа n промежутков действия инфразвука с различными уровнями звукового давления в течение времени наблюдения T .

Международный стандарт ИСО 7196 рекомендует использовать для одночисловой оценки уровень звука G . Установленные стандартом значения частотной коррекции G на среднегеометрических частотах третьоктавных полос приведены в табл.7.3. Кривая G определена таким образом, что имеет подъем 0 дБ на частоте 10 Гц, т.е. G -корректированный уровень звукового давления чистого тона частотой 10 Гц равен некорректированному уровню звукового давления. Между 1 Гц и 20 Гц кривая приближается к прямой Линии с наклоном 12 дБ на октаву. Таким образом, каждая частота оказывается

скорректированной в соответствии с ее вкладом в восприятие. Ниже 1 Гц и выше 20 Гц кривая резко падает с наклоном 20 дБ на октаву. Рекомендуемая стандартом коррекция G основана на признании частоты 10 Гц в качестве наиболее неблагоприятной для организма человека по критерию слуховой чувствительности.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах установлены СН 2.2.4/2.1.8.583-96. Дифференцированные для различных видов работ они приведены в табл. 7.5.

Таблица 5.1.

**Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах
по СН 2.2.4/2.1.8.583-96**

Виды работ с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий	Уровень звукового давления, дБ, в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц				Уровень звукового давления дБ $L_{ин}$
	2	4	8	16	
Работы различной степени тяжести	100	95	90	85	100
Работы различной степени интеллектуально-эмоциональной напряженности	95	90	85	80	90

Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни звукового давления, измеренные по шкале шумомера "линейная", не должны превышать 120 дБ.

В качестве дополнительной характеристики для оценки инфразвука (например, в случае тонального инфразвука) могут быть использованы уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 и 20 Гц. Их следует пересчитывать в уровни в октавных полосах частот с указанными в табл.7.6. среднегеометрическими частотами.

В работе показана непригодность использования уровня звукового давления, измеренного по шкале шумомера "Линейная" для одночисловой оценки инфразвука в силу метрологической неопределенности характеристики

"Линейная" в инфразвуковом диапазоне, а также в виду наличия существенного спада этой характеристики в диапазоне ниже 20 Гц. Относительно использования уровня звука G отмечается, что его введение основано на учете только ауральных эффектов и субъективной оценке раздражающего действия инфразвука. По мнению авторов руководства этого явно недостаточно, так как выполненные российскими специалистами детальные исследования по влиянию инфразвука на человеческий организм позволяют считать «более адекватными к восприятию инфразвука рецепторы вестибулярного, а не слухового анализатора». В результате в работе сделан вывод о невозможности в настоящее время использовать одночисловую оценку инфразвука и предлагается оценивать его воздействие только по спектральным уровням звукового давления в октавных или 1/3 октавных полосах частот.

Таблица 5.2.

Значения K_G частотной коррекции G на среднегеометрических частотах f третьоктавных полос

f , Гц	K_G , дБ	f , Гц	K_G , дБ	f , Гц	K_G , дБ	f , Гц	K_G , дБ
0,25	-88,0	1,6	-32,6	10,0	0,0	3	-28,0
0,315	-80,0	,0	-28,3	2,5	4,0	0	-36,0
0,4	-72,1	2,5	-24,1	16,0	7,7	100	-44,0
0,5	-64,3	3,15	-20,0	20,0	9,0	125	-52,0
0,63	-56,6	4,0	- 16,0	25,0	3,7	60	-60,0
0,8	-49,5	5,0	-12,0	31,5	-4,0	200	-68,0
1,00	-43,0	6,3	-8,0	40	- 12,0	250	-76,0
1,25	-37,5	8,0	-4,0	50	- 20,0	315	-0,84

5.8. Нормирование ультразвука

Гигиеническое нормирование ультразвука (СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96, ГОСТ 12.1.001)

- Гигиеническое нормирование ультразвука проводится в зависимости от способа распространения ультразвуковых колебаний: воздушный или контактный.
- Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в третьоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами: 12,5; 16; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц.

- Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее логарифмические уровни (относительно 5×10^{-8} м/с) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000; 31500 кГц.

- Предельно допустимые уровни звукового давления для воздушного ультразвука и предельно допустимые величины нормируемых параметров контактного ультразвука для работающих установлены ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 [18]. Они приведены в табл. 7.7. и табл. 7.8.

- Если работающие подвергаются совместному воздействию воздушного и контактного ультразвука, предельно допустимые уровни контактного ультразвука принимают на 5 дБ ниже значений, указанных в табл. 7.8.

- При использовании ультразвуковых источников бытового назначения (стиральные машины, устройства для отпугивания насекомых, грызунов, собак, охранная сигнализация и т.д.), как правило, работающих на частотах ниже 100 кГц, нормативные уровни воздушного и контактного ультразвука, воздействующего на человека не должны превышать 75 дБ на рабочей частоте.

Таблица 5.3.

Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах по ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96

Среднегеометрическая частота треть- октавной полосы, кГц	Уровень звуко- вого давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5-100,0	110

Таблица 5.4.

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука для работающих по ГОСТ 12.1.001 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96

Среднегеометрическая частота октавной поло- сы, Гц	Пиковое значе- ние виброскоро- сти, м/с	Уровень виброскорости, дБ
8,0 - 63,0	5×10^{-3}	100
125,0 – 500,0	$8,9 \times 10^{-3}$	105
5×10^3 -31, 5×10^3	$1,6 \times 10^{-2}$	110

Техническое нормирование ультразвука (ГОСТ 12.1.001)

Для машин, имеющих источники воздушного ультразвука, в нормативно-технической документации в соответствии с ГОСТ 12.1.001 должны быть установлены предельно допустимые значения ультразвуковой характеристики (УЗХ) в виде уровней звуковой мощности в нормируемом диапазоне частот. Для оборудования, звуковая мощность которого не может быть определена, а также для оборудования, которое укомплектовывается только на предприятиях-потребителях, в качестве УЗХ стандарт допускает использовать уровни звукового давления в нормируемом диапазоне частот в контрольных точках. Число контрольных точек должны быть не менее трех (включая рабочее место). Координаты контрольных точек должны быть указаны в нормативной и технической документации.

В стандартах и (или) технических условиях на оборудование, являющееся источником контактного ультразвука, должны быть указаны предельно допустимые уровни виброскорости.

Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной, общей вибрации, инфра- и ультразвука на рабочем месте

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ до ... дБ/раз (включительно):					
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	<= ПДУ <1>	5	15	25	35	> 35
Вибрация локальная, эквивалентный скорректированный уровень (значение) виброскорости, виброускорения (дБ/раз)	<= ПДУ <2>	3/1,4	6/2	9/2,8	12/4	> 12/4
Вибрация общая, эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, виброускорения (дБ/раз)	<= ПДУ <2>	6/2	12/4	18/6	24/8	> 24/8
Инфразвук, общий уровень звукового давления, дБ/Лин	<= ПДУ <3>	5	10	15	20	> 20
Ультразвук воздушный, уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, дБ	<= ПДУ <4>	10	20	30	40	> 40

Ультразвук контактный, уровень виброскорости, дБ	<= ПДУ <4>	5	10	15	20	> 20
--	------------	---	----	----	----	------

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94. 96
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Лекция 6

Вибрации системы защиты от вибрации

6.1. Общие положения

Вибрация — это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

По способу передачи различают следующие виды вибрации

- **общую вибрацию**, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;
- **локальную вибрацию**, передающуюся через руки или ноги человека, а также через предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

В зависимости от источника возникновения различают следующие виды вибраций:

- *локальная вибрация, передающаяся человеку от ручного механизированного (с двигателями) инструмента;*
- *локальная вибрация, передающаяся человеку от ручного немеханизированного инструмента;*
- *общая вибрация 1 категории — транспортная вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах транспортных средств, движущихся по местности, дорогам и пр.* Пример: тракторы, грузовые автомобили, скутеры, мотоциклы, мопеды;
- *общая вибрация 2 категории — транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений и т. п.* Пример: краны, напольный производственный транспорт;
- *общая вибрация 3 категории — технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющих источников вибрации.* Пример: станки, литейные машины.
- *общая вибрация в жилых помещениях и общественных зданиях от внешних источников.* Пример: вибрация от проходящего трамвая.
- *общая вибрация в жилых помещениях и общественных зданиях от внутренних источников.* Пример: лифты, холодильники.

6.2. Средства защиты от вибрации. Классификация.

В тех случаях, когда фактические значения гигиенических характеристик вибрации превышают допустимые значения, применяются средства защиты от вибрации. Классификация средств и методов защиты от вибрации определена ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».

Средства защиты от вибрации по организационному признаку делятся на коллективные и индивидуальные.

По отношению к источнику возбуждения вибрации методы коллективной защиты подразделяются на методы:

- *снижающие параметры вибрации воздействием на источник возбуждения;*
- *снижающие параметры вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения.*

К первым относятся такие средства защиты, как динамическое уравнивание, антифазная синхронизация, изменение характера возмущающих воздействий, изменение конструктивных элементов источника возбуждения,

изменение частоты колебаний и др. Они используются, как правило, на этапе проектирования и изготовления оборудования.

Средства защиты от вибрации на путях ее распространения, могут быть заложены в проекты машин и оборудования, а могут быть применены на этапе их эксплуатации.

Вибродемпфирование - это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний системы в другие виды энергии.

Увеличение потерь энергии в системе может быть достигнуто:

- использованием конструктивных материалов с большим внутренним трением;
- нанесением слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение;
- использованием поверхностного трения;
- переводом механической колебательной энергии в энергию токов Фуко или электромагнитного поля.

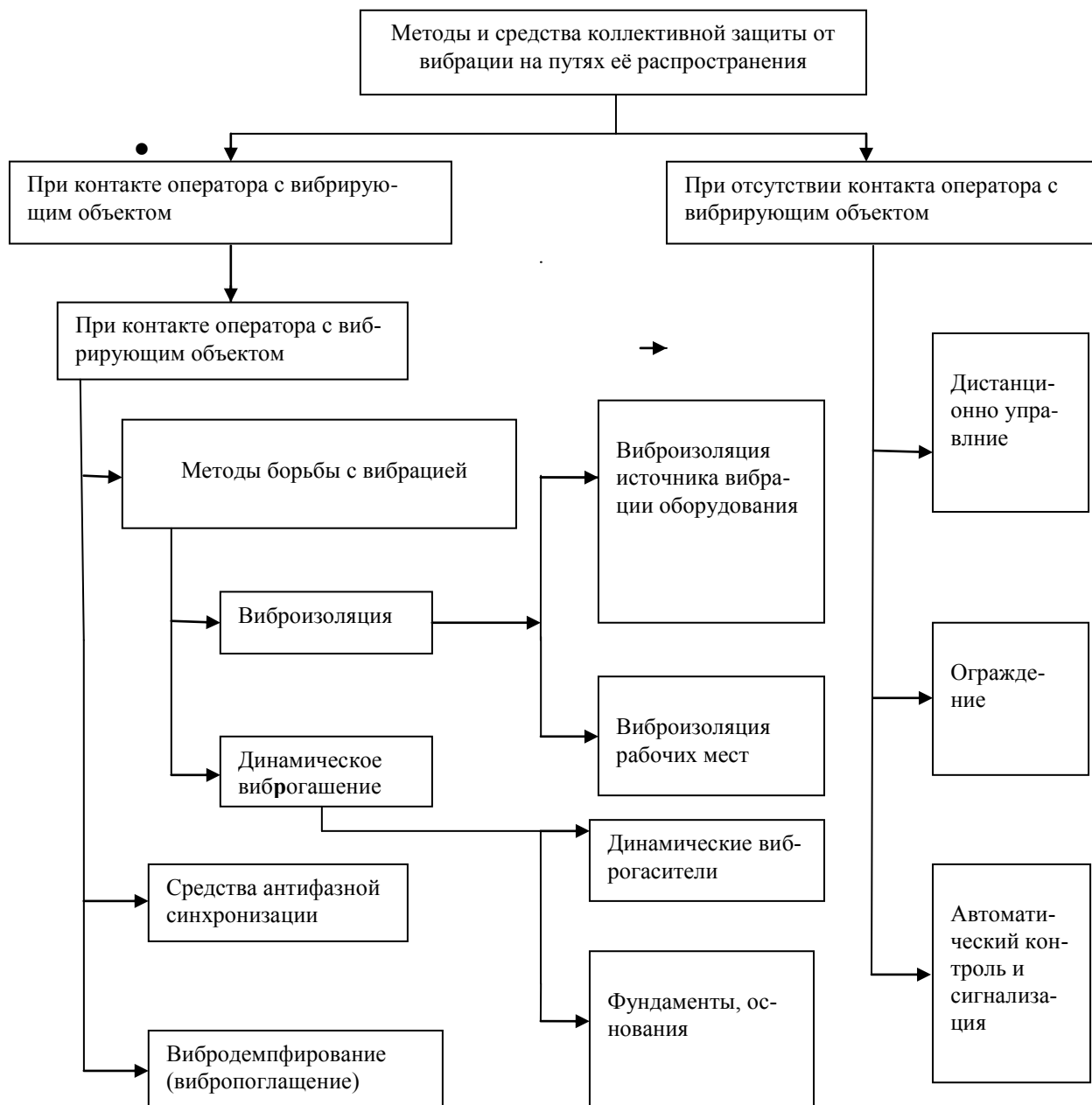
С точки зрения снижения вибраций наиболее предпочтительным является использование в качестве конструктивных материалов: пластмассы, дерева, резины. Так, в редукторах используют шестерни из капрона, текстолита. В некоторых случаях оказывается возможным также использовать шестерни из твердой резины. В результате происходит снижение вибраций оснований и фундаментов машин, а, следовательно, снижается вибрация рабочих мест. В настоящее время начат выпуск ручного механизированного инструмента в корпусах из полимерных материалов. Это в значительной мере ослабляет воздействие вибраций на руки работающих. На многих видах оборудования внедряется постановка в подшипниковые узлы вибродемпфирующих втулок, что значительно снижает уровень вибрации.

Рис. 6.1. Методы и средства защиты от вибрации

Кроме того, установка таких подшипниковых узлов значительно повышает срок их службы (иногда в 10 раз). Использование в качестве конструктивных материалов пластмасс позволяет снизить уровень вибрации по виброскорости на 8-10 дБ.

Вибродемпфирующие покрытия.

В том случае, когда применение полимерных покрытий в качестве конструктивных не представляется возможным, для снижения вибраций используют *вибродемпфирующие покрытия*. Действие покрытий основано на ослаблении вибраций путем перевода колебательной энергии в тепловую при



деформациях покрытий. Эффективное действие покрытий наблюдается на резонансных частотах элементов конструкций агрегатов и машин. Действие жестких покрытий проявляется главным образом на низких и средних частотах, мягких - на высоких. В качестве жестких покрытий используются вязкоупругие материалы (твердые пластмассы, битуминизированный войлок, различные полимерные смеси). В качестве мягких - мягкие пластмассы, материалы типа резины, пенопласты, поливинилхлоридные пластики. Хорошо демпфируют колебания смазочные материалы. Например, консистентные смазки в подшипниковых узлах, а также масляные ванны в редукторах.

Виброгашение

Под виброгашением понимают уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем введения в систему дополнительных реактивных импедансов, т.е. сопротивлений упругого или инерционного типа.

Чаще всего виброгашение реализуется путем установки агрегатов на самостоятельные фундаменты. Массу фундамента подбирают таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента в любом случае не превышала 0,1-0,2 мм, а для особо ответственных сооружений - 0,005 мм. Для небольших объектов между основанием и агрегатом устанавливают массивную опорную плиту.

Виброгашение связано с ослаблением колебаний посредством присоединения к системе дополнительных реактивных импедансов. Поэтому оно может быть осуществлено также путем изменения упругих характеристик колебательной системы. Увеличение жесткости системы достигают соответствующим изменением конструкции и, в частности, введением ребер жесткости. В последнем случае помимо упругих свойств колебательных систем нарушается синфазность колебаний отдельных поверхностей, снижаются амплитуды смещения отдельных точек. Это в значительной мере способствует снижению амплитуды смещения отдельных точек и снижению уровня вибрации.

Виброизоляция

Виброизоляция - это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний.

Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины - источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека, либо на защищаемый агрегат.

Виброизоляция достигается путем установки агрегатов на специальные упругие устройства (опоры), обладающие малой жесткостью. Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи (КП), который имеет физический смысл отношения силы, действующей на основание при наличии упругой связи, к силе, действующей при жесткой связи. Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при КП= 1/8-1/15.

Коэффициент передачи может быть рассчитан по формуле:

$$КП = 1 / \{(f/f_0)^2 - 1\}$$

где f - частота возмущающей силы;

f_0 - собственная частота системы на виброизоляторах.

Оптимальное соотношение между f и f_0 равно 3...4.

Для виброизоляции машин с вертикальной возмущающей силой применяют виброизолирующие опоры 3-х типов: резиновые, пружинные и комбинированные.

Пружинные по сравнению с резиновыми имеют ряд преимуществ. Они могут применяться для изоляции как низких, так и высоких частот (обеспечивают любую деформацию), дольше сохраняют постоянство упругих свойств во времени, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры, относительно малогабаритны. Однако металлические пружины имеют тот недостаток, что будучи спроектированы на низкую частоту, они пропускают более высокие. Резина имеет малую плотность, хорошо крепится к деталям, ей легко придать любую форму и она обычно используется для виброизоляции машин малой и средней массы (электродвигателей и т.п.). В виброизоляторах резина работает на сдвиг и (или) сжатие.

Пружинные амортизаторы

Пружинные амортизаторы целесообразно использовать для виброизоляции при сравнительно низкой частоте менее 33 Гц и значительной амплитуде колебаний системы, а также при наличии высоких температур, масел, паров щелочей и кислот. В качестве пружинных амортизаторов чаще всего применяются стальные витые пружины, изготавливаемые из прутка круглого сечения.

Исходные данные при проектировании виброизоляции рабочего места в случае гармонических вибрации основания: частота f колебаний, на которой проводятся испытания; амплитуда смещения $A_{осн}$ вынужденных колебаний виброизолируемой плиты основания; нормативные значения амплитуды смещения основания $A_{норм}$ в соответствии с ГОСТ 12.1.012-2004 [12]; габариты плиты a и b ; массы опорной плиты M , оператора m , оборудования $m_{об}$. (Масса оборудования принимается во внимание в том случае, когда она располагается на опорной плите рабочего места).

При расчете используется соотношение

$$КП = A_{норм} / A_{осн} = 1 / \{(f/f_0)^2 - 1\},$$

где f_0 - собственная частота виброизолируемого рабочего места, включая оператора, опорную плиту и виброизоляторы, Гц;

f - вынужденная частота колебаний агрегата, Гц.

1. Для снижения шума и вибрации, создаваемых агрегатами, имеющими частоты вращения менее 1800 мин^{-1} , предпочтительно применять пружинные виброизоляторы; при частоте вращения 1800 мин и более допускается применение также и резиновых виброизоляторов. Стальные виброизоляторы долговечны и надежны в работе, но они недостаточно снижают передачу вибраций высоких частот. Резиновые виброизоляторы эффективно снижают

высокие частоты, но они обладают недостаточной виброизоляцией на низких частотах и, кроме того, недостаточно долговечны. В общем случае наиболее эффективным является применение комбинированных виброизоляторов, состоящих из пружинных виброизоляторов, установленных на резиновых или пробковых прокладках толщиной 10-20 мм, прилегающих к опорной поверхности.

Агрегаты с динамическими нагрузками (вентиляторы, насосы, компрессоры и т.п.) рекомендуется жестко монтировать на пригрузочной железобетонной плите или металлической раме, которая должна опираться на виброизоляторы.

2. Виброизоляторы следует располагать таким образом, чтобы сумма проекций расстояний вертикальных осей виброизоляторов от центра масс на две взаимно перпендикулярные оси, расположенные в горизонтальной плоскости и проходящие через центр масс системы, равнялась нулю.

3. Общее количество виброизоляторов и их размещение, т.е. расстояния от центра масс агрегата до точек крепления виброизоляторов, определяют расчетом с учетом необходимости обеспечения устойчивости агрегата.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.

2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.

3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.

4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.

5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94.

Производственная пыль

7.1. Понятие «производственной пыли». Классификация производственной пыли.

Качество атмосферного воздуха - важнейший фактор, влияющий на здоровье, на санитарную и эпидемиологическую ситуацию. Две трети населения нашей страны проживает на территориях, где уровень загрязнения воздуха не соответствует гигиеническим нормам.

Загрязнение атмосферного воздуха - одна из наиболее актуальных проблем современного общества. Вследствие промышленной и хозяйственной деятельности людей в атмосферу планеты, по данным ВОЗ, ежегодно поступает до 25 млрд. т диоксида серы, свыше 50 млрд. т различных углеводородов и других вредных веществ.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т. е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой – воздух, т.е. это аэрозоль двухфазной системы твердое тело – газ.

Воздух всех производственных помещений в той или иной степени загрязнен пылью; *даже в тех помещениях, которые обычно принято считать чистыми, не запыленными, в небольших количествах пыль все же есть (иногда она даже видна невооруженным глазом в проходящем солнечном луче). Пыли образуются вследствие дробления или истирания (аэрозоль дезинтеграции), испарения с последующей конденсацией в твердые частицы, (аэрозоль конденсации), сгорания с образованием в воздухе твердых частиц — продуктов горения (дымы), ряда химических реакций и т. д.*

В производственных условиях с образованием пыли чаще всего связаны процессы дробления, размола, просева, обточки, распиловки, пересыпки и других перемещений сыпучих материалов, сгорания, плавления и др.

По природе образования пыли делятся на две группы: органическую и неорганическую. К первой относятся: пыли растительного происхождения (древесины, хлопка, льна, различных видов муки и др.), животного (шерсти, волоса, размолотых костей и др.), химического (пластмасс, химических волокон и других органических продуктов химических реакций). В группу неорганических пылей входят пыль металлов и их окислов, различных минералов, неорганических солей и других химических соединений. В зависимости от происхождения пылиона может быть растворимой

мой и нерастворимой в воде и в других жидкостях, включая и биосреды (кровь, лимфу, желудочный сок и т. п.). От происхождения пыли зависит также ее химический состав, удельный вес и ряд других свойств.

Механизм образования пыли определяет в основном ее дисперсный состав, то есть размерность пылинок. Структура пыли, то есть форма пылинок, зависит и от природы и от механизма образования пыли. По структуре пыль может быть аморфной (пылинки округлой формы), кристаллической (пылинки с острыми гранями), волокнистой (пылинки удлиненной формы), пластинчатой (пылинки в виде слоистых пластинок) и др.

При измельчении твердого вещества образующиеся пылинки получают то или иное количество электричества вследствие частичного перехода механической энергии в электрическую, кроме того, пылинки получают электрический заряд, адсорбируя на себе ионы из воздушной среды. Таким образом, пыль, находящаяся в воздухе, в той или иной степени несет на себе электрический заряд.

Степень электрозаряженности оказывает существенное влияние на поведение пыли в воздухе. Электрозаряженные пылинки с противоположным знаком соединяются между собой (схлопываются), образуя более крупные частицы, за счет чего быстрее осаждаются; пылинки с одинаковым зарядом, наоборот, отталкиваются друг от друга, что усиливает их движение в воздухе и замедляет осаждение.

Высокодисперсная пыль вследствие электрозаряженности обладает активной поверхностью, поэтому на ней собираются газы и другие мелкие частицы, находящиеся в воздухе. Чем меньше пылевые частицы, тем больше их активность. Газы, обволакивая пылевую частицу, способствуют более длительному витанию ее в воздухе, то есть собираются на пылевых частицах газов замедляет осаждение пыли.

При значительной запыленности воздуха высокодисперсной пылью электрические заряды пылевых частиц могут суммироваться и, достигнув определенного потенциала, образовывать электрические разряды — взрывы. Чаще всего такие взрывы пыли возникают при наличии огня или сильно нагретого предмета в чрезмерно запыленной атмосфере, так как при повышении температуры резко увеличивается заряженность пылевых частиц, быстрее и с большей силой происходит электрический разряд.

7.2. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли

Пыль, находящаяся в воздухе рабочих помещений, оседает на поверхности кожного покрова работающих, попадает на слизистые оболочки полости рта, глаз, верхних дыхательных путей, со слюной заглатывается в пищеварительный тракт, вдыхается в более глубокие участки органов дыхания (вклю-

чая легкие). Находясь в запыленной атмосфере, рабочий подвергается как внешнему, так и внутреннему воздействию пыли. Внешнее воздействие пыли не представляет серьезной опасности для работающих, так как с наружных поверхностей (кожного покрова, слизистых) она относительно легко смывается, а иногда просто стряхивается, и, следовательно, непосредственный контакт с ней прекращается по окончании рабочей смены или после выхода из запыленной атмосферы. Кроме того, кожный покров не пропускает большинства видов пыли и не подвергается сам их воздействию[2]. Заглатывание пыли в пищеварительный тракт практически столь незначительно, что также не представляет большой опасности. Гораздо более опасно вдыхание пыли, при котором значительное ее количество попадает в организм и лишь некоторая часть выдыхается обратно. Создаются условия для длительного контакта относительно больших масс пыли со слизистой поверхностью дыхательных путей, наиболее восприимчивой к ее действию. Степень опасности неблагоприятного действия пыли на организм определяется в основном концентрацией пыли в воздухе и ее дисперсностью. Определенную роль играют вышеописанные физико-химические свойства пыли, поэтому их также следует учитывать при гигиенической оценке пылевой загрязненности воздуха — запыленности.

Концентрация пыли — это весовое содержание взвешенной пыли в единице объема воздуха; эту величину принято выражать в миллиграммах пыли на 1 кубический метр воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$). Концентрацию пыли иногда выражают также в количестве пылинок в единице объема воздуха, и в некоторых зарубежных странах эта величина принята за основной показатель запыленности. Однако учеными доказано, что первостепенное значение имеет не число пылинок, а их масса, поэтому был принят весовой метод гигиенической оценки запыленности воздуха как основной.

Чем выше концентрация пыли в воздухе, тем большее ее количество за тот же период оседает на кожный покров работающих, попадает на слизистые оболочки и, самое главное, проникает в организм через органы дыхания.

Дисперсность пыли выражается в процентном содержании отдельных фракций пыли по отношению ко всему количеству пылинок. Для гигиенической оценки дисперсности пыли условно принято делить ее на следующие фракции: менее 2 мк, 2 — 4 мк, 4 — 6 мк, 6 — 8 мк, 8 — 10 мк и более 10 мк. Иногда для исследовательских целей ее делят на более мелкие фракции с выделением пылинок менее 1 мк; в некоторых же случаях (обычно для грубой оценки) ее делят на меньшее число фракций с интервалом в 3 — 4 мк (менее 2 мк, 2 — 5 мк, 5 — 10 мк и более 10 мк).

Размеры пылинок имеют большое гигиеническое значение, так как чем мельче пыль, тем глубже она проникает в дыхательную систему. Если относительно крупные пылинки при вдыхании в большей степени задерживаются в верхних дыхательных путях и постепенно удаляются оттуда со слизью (отхаркиваются), то мелкая пыль, как правило, проходит в легкие и оседает там на длительный срок, вызывая поражение легочной ткани. Кроме того, мелкая пыль при той же массе имеет большую поверхность соприкосновения с легочной тканью, поэтому она более активна. Высокодисперсная пыль представляет большую опасность, чем крупная (низкодисперсная), так как она дольше находится в воздухе во взвешенном состоянии.

В различных производствах встречается самая разнообразная пыль по своей дисперсности. Например, при дроблении твердых материалов в образующейся пыли преобладают фракции 5 — 10 мк и более, при тонком помоле образуется пыль с преимущественным содержанием пылинок от 2 до 5 мк; наиболее мелкой пылью являются дымы и аэрозоли конденсации, в которых большую часть составляют пылинки менее 1 — 2 мк.

Гигиеническое значение удельного веса пыли сводится в основном к скорости ее осаждения: чем выше удельный вес пыли, тем быстрее она оседает и тем быстрее происходит самоочищение воздуха.

Химический состав пыли определяет биологическое действие ее на организм. По химическому составу пыли делят на две основные группы: токсические и нетоксические. Первые при попадании в организм вызывают острое или хроническое отравление, вторые не вызывают отравления организма даже при больших концентрациях и при неограниченном сроке действия. Биологическое действие токсической пыли находится в тесной связи с ее растворимостью. Хорошо растворимые пыли, попав в организм, растворяются в слизи и в других биологических средах (крови, лимфе) и в растворенном виде быстро и в большей степени всасываются и распространяются по всему организму, оказывая токсическое действие. Малорастворимые и тем более нерастворимые пыли при попадании в организм в основном при вдыхании, длительно остаются на месте их оседания в органах дыхания и оказывают в основном местное действие.

Структура пыли, то есть форма пылинок, также имеет определенное гигиеническое значение, так как от этого зависит характер ее местного действия и в какой-то степени проникающая способность. Пылинки с острыми гранями, особенно игольчатой формы (кристаллическая пыль, пластинчатая и т. п.), оказывают большее раздражающее действие в месте соприкосновения (на слизистых оболочках глаз, верхних дыхательных путей, а иногда и на кожном покрове). Пылинки стекловолокна, например, могут проникать в

поры кожного покрова, в поверхность слизистых оболочек, вызывая значительное их механическое раздражение. Аморфные и волокнистые пыли в меньшей степени вызывают местное раздражение. Волокнистые мягкие пыли (шерстяная, хлопковая, льняная и др.) в основном задерживаются в верхних дыхательных путях, не проникая в легкие.

Электростатическая заряженность пыли способствует большему ее задержанию в организме, так как, осев на поверхности дыхательных путей, она в большей степени с ними связывается и меньше выдыхается обратно. Кроме того, способность электростатически заряженной пыли удерживать на своей поверхности газовые частицы приводит к занесению последних в организм и их совместному (комбинированному) воздействию.

Как видно из изложенного, различные виды пыли, обладая разными физико-химическими свойствами, оказывают неодинаковое действие на организм и, следовательно, представляют разную опасность для работающих. Однако все они оказывают определенное неблагоприятное действие на организм.

7.3. Влияние пыли на организм человека. Профессиональные заболевания

Пыль поступает в организм человека в основном при дыхании через нос или рот, и поэтому в первую очередь от вредного действия пыли страдает нос, затем глотка и гортань и, наконец, легкие. При здоровом состоянии носа дыхание происходит с закрытым ртом. Научно доказано, что только носовое дыхание является правильным, так как, проходя через носовую полость, воздух не только согревается, но главным образом очищается от пыли. Носовая полость является очень мощным фильтром. Хорошей задержке пыли в носу способствует узость носовых ходов, их извилистость, а также влажное состояние слизистой. Пыльный воздух, проходя через нос, встречает на своем пути носовые раковины, которые также способствуют оседанию пыли.

Благодаря всем этим защитным приспособлениям в полости носа задерживается от 30 до 50% всей пыли, содержащейся во вдыхаемом воздухе. При этом, конечно, очень большое значение имеет концентрация пыли в воздухе, характер ее, состояние слизистой носа. Вот почему необходимо стремиться к дыханию через нос; при дыхании через рот пыльный воздух не подвергается такой фильтрации, и пыль в значительном количестве проникает в глубокие дыхательные пути.

Однако длительное дыхание запыленным воздухом не проходит бес-

следно для носовой полости. Под влиянием раздражающего действия пыли кровеносные сосудики (капилляры) расширяются, слизистая оболочка становится красной, утолщенной, набухшей — развивается воспалительное заболевание слизистой носа «гипертрофический ринит». Внешне это проявляется в насморке. При слишком большом набухании слизистой носовые ходы настолько суживаются, что это создает затруднение для прохождения воздуха. Тогда носовое дыхание становится невозможным, и человек начинает дышать ртом. Если причины, вызывающие это болезненное явление, не исчезают, т.е. рабочий продолжает работать в пыльном помещении, воспалительный процесс принимает затяжную, хроническую форму: слизистая становится бледной, тонкой и сухой, организм лишается носового фильтра. Пыль может оказывать на организм различное действие: фиброгенное, токсическое, раздражающее и т. д. Пыль занимает одно из первых мест среди причин профессиональной патологии легких, наиболее распространенными из которых являются пневмокониозы. Под этим названием подразумевают хронические заболевания легких в результате воздействия пыли, сопровождающиеся развитием фиброза легочной ткани. Среди пневмокониозов выделяют такие формы, как силикоз, силикатозы, металлокониозы и др. Приводим их классификацию.

7.4. Классификация пневмокониозов

Силикоз

Силикатозы (асбестоз, талькоз, каолиноз, цементный, слюдяной)
Металлокониозы (бериллиоз, алюминоз, баритоз и др.)
Карбокониозы (антракоз, графитоз, сажевый и др.)

Пневмокониозы от смешанной пыли:

- 1)содержащей свободную двуокись кремния (антракосиликоз, сидеросиликоз и др.);
- 2)не содержащей свободной двуокиси кремния или с незначительным содержанием ее (пневмокониоз шлифовальщиков, электросварщиков и др.)

Пневмокониозы от органической пыли (хлопковый, зерновой, пробковый и др.)

Силикоз является наиболее распространенным и тяжелым по течению пневмокониозом. Он развивается в результате вдыхания кварцевой пыли, содержащей свободную двуокись кремния. Эта форма болезни часто регистрировалась у рабочих горнорудной (бурильщики, забойщики и др.) и машиностроительной (пескоструйщики, дробеструйщики, обрубщики и др.) промышленности, в производстве огнеупорных материалов, размоле песка, обработке гранита.

Силикатозы развиваются в результате вдыхания пыли, содержащей двуокись кремния в связанном состоянии с другими элементами (магний, кальций, железо, алюминий и др.), силикаты. Среди силикатозов чаще всего встречаются асбестоз, талькоз, каолиноз и др. Развитие силикатозов возможно при добыче и получении силикатов, их обработке и применении. Эти заболевания характеризуются преимущественно более легким течением.

Металлокониозы — заболевания, возникшие вследствие воздействия пыли различных металлов. Наиболее благоприятно течение металлокониозов, развившихся в результате накопления в легких рентгеноконтрастной пыли. Эти пневмокониозы не прогрессируют после прекращения контакта с пылью. Более тяжелой формой заболевания является бериллиоз, связанный с воздействием пыли нерастворимых соединений бериллия. При данном заболевании наблюдается развитие диффузного легочного гранулематоза (наличие в легких узелков) с наличием интерстициального фиброза (диффузное изменение легочного рисунка).

Карбокониозы обусловлены воздействием разновидностей углеродсодержащей пыли (уголь, сажа, кокс, графит). При этих формах заболеваний преимущественно наблюдается интерстициальный и мелкоочаговый фиброз легких. Среди карбокониозов наиболее распространен антракоз, развивающийся в результате вдыхания угольной пыли. Тяжелый физический труд способствует быстрому возникновению и более тяжелому течению пневмокониоза. Пневмокониозы, развившиеся вследствие вдыхания смешанных пылей с высоким содержанием кварца, по клиническому течению близки к силикозу, но отличаются меньшей склонностью к прогрессированию. Они регистрируются чаще всего у шахтеров угольных и железорудных шахт, в керамической и фарфорофаянсовой промышленности, в производстве шамота и других огнеупорных изделий. В зависимости от состава примесей различают антракосиликоз, сидеросиликоз, силикосиликатоз.

При низком содержании или отсутствии кварца в составе смешанной пыли пневмокониозы могут развиваться в результате комбинированного воздействия сажи, талька и других компонентов у рабочих резиновой промышленности. При вдыхании пыли растительных волокон и прежде всего хлопка развивается заболевание, называемое биссинозом, при котором наблюдаются бронхоспастические и астматические симптомы.

Патогенез пневмокониозов в результате воздействия пыли сложен и многие его вопросы окончательно не выяснены. Общим для всех форм пневмокониозов является развитие пылевого катарального бронхита и бронхоспазма. Бронхоспазм возникает вследствие усиленного выделения легочной тканью под воздействием пыли гистамина, который в свою очередь способ-

ствуется спазму артерий, расширению вен, повышению проницаемости и разрастанию соединительнотканых элементов в межалвеолярных перегородках. При этом наблюдается ухудшение вентиляции, усиление гипоксии и гипоксемии, что в целом и усугубляет развитие фиброза.

Наряду с поражением органов дыхания при силикозе наблюдаются значительные изменения деятельности сердечно-сосудистой системы, секреторной функции желудочно-кишечного тракта с угнетением активности пищеварительных ферментов, нарушается обмен веществ. Одновременно наблюдаются изменения в ЦНС. Среди осложнений силикоза, кроме "легочного сердца", встречаются пневмонии, астмоидный бронхит, бронхиальная астма. Силикоз нередко осложняется туберкулезом, что приводит к смешанной форме заболевания — силикотуберкулезу.

Производственная пыль также может быть причиной заболеваний верхних дыхательных путей, бронхитов, а также некоторых поражений кожи (шелушение, фурункулез, дерматиты, экземы и др.).

Особое место в пылевой патологии занимают аэрозоли таких биологически высокоактивных веществ, как гормоны, витамины, антибиотики, белоксодержащие вещества. Пыль этой группы химических веществ может оказывать токсическое, канцерогенное, аллергенное (аллергические дерматиты, экземы, астмоидальные бронхиты и т. д.), кожно-раздражающее действие и др.

Система профилактики заболеваний от воздействия пыли носит комплексный характер и включает законодательные меры, технические, гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия. Основным законодательным документом, регламентирующим меры по оздоровлению условий труда, является ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Данным документом установлены уровни ПДК пыли в воздухе рабочей зоны, т. е. таких, при которых не допускается возможность заболевания не только пневмокониозами, но и вообще пылевыми болезнями дыхательных путей. Величины ПДК пыли в воздухе рабочей зоны в зависимости от химического состава, биологической активности и других факторов колеблются от 1 до 10 мг/м³ [3].

7.5. Эффективные способы борьбы с производственной пылью

Приточно-вытяжная вентиляция:

- с последующей очисткой воздуха от пыли фильтрами;
- пылеотсос;
- связывание осевшей пыли и смыв её в водоотводящие системы;

- увлажнение разрушаемого горн. массива;
- орошение мест пыления;
- промывка шпуров и скважин при их бурении;
- осаждение пыли из воздуха путём орошения;
- герметизация пылящего оборудования;
- увлажнение пылящих материалов;
- использование пневмотранспорта.

При невозможности обеспечения ПДК организационно техническими мероприятиями применяют средства индивидуальной защиты, в частности противопылевые респираторы типов Ф-62Ш, "Астра-2", У-2С, "Лепесток", ПРШ-741, РПМ73, пневмокостюмы, скафандры, очки и др. К биологической профилактики заболеваний, вызываемых действием пыли, относятся ультрафиолетовое облучение организма, щёлочная ингаляция, специальное питание. Эффективность противопылевых мероприятий оценивается по коэффициенту снижения концентрации пыли $k_{\text{с}}$, который рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{с}} = \left(1 - \frac{C_k}{C_n}\right) \cdot 100\%$$

где C_n - первоначальная концентрация пыли, мг/м³;
 C_k – концентрация пыли после применения средств пылеподавления, мг/м³.
 Контроль запылённости воздуха осуществляется либо с выделением пыли из воздуха (с определением её весового содержания), либо фотоэлектрич., электрометрич. и радиометрич. методами с определением весовой или счётной концентрации пыли. Для контроля весовой и счётной концентраций пыли используются спец. приборы. На предприятиях с высокой запылённостью утверждается график измерения концентраций пыли с установлением мест отбора проб и периодичностью их отбора.

Литература

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Производственная санитария и гигиена труда : учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М. : Изд-во Высшая школа, 2005. – 383 с.
3. Иванов. П.П. Гигиена труда. Промышленная пыль. - Москва, 2001. – 300 с.
4. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

5. Российская энциклопедия по охране труда. М.: НЦ ЭНАС. Под ред. В. К. Варова, И. А. Воробьева, А. Ф. Зубкова, Н. Ф. Измерова. 2007.

Лекция 8

Пылевая обстановка на объектах горной промышленности и её влияние на пылевую этиологию горняков

8.1. Предварительные замечания

Источником образования промышленной пыли в горной промышленности и при добыче и обогащении полезных ископаемых являются мелкие минеральные частицы, содержащиеся в полезных ископаемых, а также образующихся при их дроблении и сухом измельчении. Её характеристики зависят от свойств перерабатываемого сырья, его влажности, герметичности защитных кожухов оборудования и наличия избыточного давления под этими кожухами. Особенно сильное пылеобразование происходит при дроблении и сухом измельчении (в частности при отбойке полезного ископаемого в забое), грохочении, пневматическом обогащении, сухой магнитной сепарации, электросепарации, транспортировке сухих продуктов по желобам и трубам, конвейерами, в пунктах перегрузки сухих продуктов, при работе сушильных аппаратов и т.д. Содержание пыли в воздухе характеризуется массой пыли в единице объема и выражается в мг / м³.

8.2. Пылевой фактор и патология органов дыхания работников горнодобывающих предприятий

Вредные вещества попадают в организм чаще всего через дыхательную систему. Основными факторами, влияющими на поступление пылевых частиц в организм и их задержку в органах дыхания, являются, концентрация пыли в ингалируемом воздухе и время ее воздействия, размеры частиц (дисперсность), их плотность (удельный вес), растворимость, объем дыхания в зависимости от тяжести труда, а также индивидуальная чувствительность организма.

Механизм первичной задержки частиц в органах дыхания в основном определяется инерционным и гравитационным осаждением, а также диффузией. Задержка частиц в различных отделах органов дыхания в основном определяется их дисперсностью и аэродинамическим диаметром. Промышленная пыль вызывает профессиональные заболевания, ухудшает

санитарно-гигиенические условия труда, образует взрывоопасную и пожароопасную среду.

Госстандартами установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли на рабочих местах:

- для магнезита - 10 мг / м³;
- известняка 6 мг / м³;
- асбеста, асбоцемента - 6 мг / м³;
- талька, слюды, мусковита - 4 мг / м³;
- цемента, оливина, апатита, фосфоритов - 6 мг / м³.

Влияние пыли на здоровье людей зависит от ее дисперсности, физико-химических свойств и характера воздействия на организм. Заболевания, вызываемые воздействием промышленных аэрозолей:

- силикоз (наиболее распространённый и тяжело протекающий вид пневмокониоза, профессиональное заболевание лёгких, обусловленное длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния.), асбестоз (заболевание легких, вызванное вдыханием асбестовых волокон), талькоз (пневмокониоз, обусловленный вдыханием пыли, содержащей тальк;

- силикатоз, каолиноз (силикатоз, возникающий при длительном контакте с белой глиной), пневмокониоз (группа заболеваний лёгких, вызванных длительным вдыханием производственной пыли и характеризующихся развитием в них фиброзного процесса);

- карбокониозы (пневмокониозы, вызванные вдыханием углеродсодержащей пыли); сидероз (пневмокониоз, развивающийся в результате систематического вдыхания пыли железа или его соединений);

- баритоз (пневмокониоз, обусловленный воздействием пыли, содержащее барий и его соединения) и другие пневмокониозы.

Опасные вредные вещества и производственные факторы, воздействие которых может приводить к возникновению профессиональных заболеваний:

- вдыхание пыли, содержащей диоксид кремния в свободном и связанном состоянии, рудничной, рентгеноконтрастной, углеродосодержащей пыли (уголь, кокс, сажа, графит и др.);

- пыли металлов и их окислов, в т.ч. твердых и тяжелых сплавов, сварочный аэрозоль;

- пыли органических и искусственных минеральных волокон, пластмасс и в т.ч. обсемененность вдыхаемого аэрозоля микрофлорой и др.

8.3. Источники пылеобразования в горной промышленности

На предприятиях горнодобывающей промышленности в силу специфических особенностей технологии подземной и открытой добычи полезных ископаемых на работников одновременно действует многообразие неблагоприятных факторов производственной среды (пыль, шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и др.), степень выраженности которых во многом зависит от конкретных климато-географических и горно-геологических условий на предприятиях, располагающихся на огромной территории России.

На шахтах и карьерах, использующих самоходное дизельное оборудование, рудничная атмосфера загрязняется помимо пыли компонентами отработанных газов. Поэтому весьма важно дать гигиеническую оценку пылевого фактора, как основного при добыче полезных ископаемых, и характеристику профессиональной патологии органов дыхания у работников горнодобывающих предприятий.

Из технологических процессов добычи полезных ископаемых наиболее пылеобразующими являются работы по дроблению и измельчению горного массива (бурение, комбайновая, струговая выемка угля и др.). При скреперовании, погрузке, транспортировке процессы пылеобразования менее интенсивны, они вторичны, поскольку выделение пыли в воздух рабочих мест происходит из взорванной горной массы. Использование при этих технологических процессах воды – как средства борьбы с пылью, оптимальные её расходы в зависимости от производительности оборудования, приводят к существенному снижению концентраций пыли на рабочих местах.

На угольных шахтах при работе комбайнов, стругов, бурении скважин содержание пыли в воздухе колеблется в весьма широких пределах и значительно превышает значения установленных ПДК для угольной, породной пыли. Горнорабочие, занятые в очистных забоях (ГРОЗ), как правило, подвергаются действию угольной пыли с содержанием свободного диоксида кремния до 5%. При проходке же выработок (бурение, погрузка породы) на рабочих действует пыль вмещающих горных пород с более высоким содержанием кварца.

При выполнении подземных работ в рудных шахтах характеристики пыли несколько иные, поскольку буровые работы ведутся в горных породах, вмещающих полезные ископаемые, что и определяет высокое содержание свободного диоксида кремния.

На золотодобывающих рудниках, где разрабатываются золотоносные кварцевые жилы, содержание SiO_2 может составлять 50–60% и выше, а на полиметаллических рудниках – 20–45%. При выполнении горнопроходче-

ских работ (бурение и погрузка взорванной горной массы) содержание пыли в воздухе рабочих мест проходчика колеблется от 1,2 до 15,6 мг/м³ и зависит от использования воды и эффективного местного проветривания забоев. В тоже время при забуливании, начальном бурении шпуров, скважин концентрации пыли могут возрасти до 20–40 мг/м³. При очистных, погрузочно-разгрузочных работах содержание пыли (2,3–13,7 мг/м³) определяется эффективностью использования орошения горной массы и проветривания рабочих зон.

На высокомеханизированных рудниках, где используется самоходная техника с дизельным приводом, характер загрязнения атмосферы подземных выработок рудничным аэрозолем несколько иной. В воздухе рабочих мест присутствуют минеральные частицы, образующиеся при разрушении горного массива, и частицы сажи, как продукт выхлопа дизельных двигателей. При этом содержание последних колеблется от 6,3 до 13% от массы всех витающих частиц в воздухе. Рудничная атмосфера также загрязняется газообразными компонентами выхлопа (оксиды азота, углерода, акролеин, формальдегид, 3-4-бенз(а)пирен и др.) концентрации которых в 3–7 раз превышают значения ПДК на эти вещества.

8.4. Профессиональные пылевые заболевания горняков

На основании ретроспективных материалов по характеристике условий труда на горнорудных предприятиях можно заключить, что с учётом сочетанного действия производственных факторов условия труда при подземных работах наиболее неблагоприятные у проходчиков, бурильщиков. Уровень профессионального риска у рабочих этих профессий колеблется от высокого до очень высокого. Следовательно, имеются все условия для развития у них лёгочных заболеваний пылевой этиологии.

Учитывая способность пылей вызывать профессиональные заболевания «пылевой этиологии» – пневмокониозы и пылевые бронхиты – за ними закрепилось название «аэрозоли преимущественно фиброгенного типа действия (АПФД)».

Любая пыль неорганической природы и некоторые виды органической пыли при большой запылённости среды и продолжительном вдыхании их могут привести к заболеваниям органов дыхания. Однако имеются значительные отличия заболеваний в зависимости от вида вдыхаемой пыли. Несомненным остаётся факт, что из всех пылей, обладающих фиброгенным действием, наиболее опасной является пыль диоксида кремния, процентное содержание которого в той или иной смешанной пыли является одним из важ-

нейших факторов, определяющих степень агрессивности пыли по отношению к организму (к высоко, умеренно фиброгенным пылям относятся пыли с содержанием свободного диоксида кремния более 10% и к слабофиброгенным – менее 10%).

Способность пыли вызывать развитие фиброза лёгочной ткани в значительной степени определяется физико-химическими свойствами вдыхаемой пыли. Большое значение, в частности, имеет дисперсность пыли. Частицы диаметром более 10μ быстро выпадают из аэрозоля с нарастающей скоростью и поэтому – менее опасны для организма, так как либо совсем не содержатся в струе вдыхаемого воздуха, либо выпадают из неё прежде, чем воздух достигнет альвеол. Частицы же, осевшие на слизистой оболочке верхних дыхательных путей, удаляются при чиханье, сморкании, кашле; значительная часть пыли, попавшая в бронхи, выделяется из дыхательных путей с помощью мерцательного эпителия. Частицы размером от 10 до 0,1 μ оседают в спокойном воздухе медленно и с постоянной скоростью. Ультрамикроскопические частицы аналогично поведению газовых молекул находятся в непрерывном броуновском движении и практически вообще не оседают. Доказано, что наиболее опасна для организма мелкодисперсная пыль с диаметром пылевых частиц от 2 до 5 μ. Такие пылевые частицы дольше находятся во взвешенном состоянии во вдыхаемом воздухе и проникают в более глубокие отделы дыхательных путей. Следовательно, от степени дисперсности в значительной мере зависит характер вызываемых пылью изменений в лёгких.

Агрессивность пыли определяется не только её дисперсностью, но и общей концентрации пыли на рабочих местах. Для нормирования и контроля содержания в воздухе рабочей зоны пыли в России используются гравиметрические показатели – по массе вещества, содержащегося в 1 м³ воздуха. Многочисленными работами отечественных гигиенистов в области биологического действия пыли, разработки нормативов промышленных аэрозолей признана не только большей информативности масса пыли как необходимого показателя нормирования по сравнению с числом частиц, но и её биологической значимости. Поэтому контроль за соблюдением ПДК осуществляется именно по всей массе пыли, а не по числу частиц и не по какой-либо условной доле массы содержащегося в воздухе вещества, как в случае распространённого за рубежом контроля по так называемой респирабельной фракции. Это важно учитывать и знать при попытках сравнения отечественных данных пылевого контроля с зарубежными.

Так как для развития профессиональной патологии требуется длительный период накопления АПФД в лёгких, нормирование пыли осуществляется по среднесменным концентрациям (ССК), а для осуществления оперативного

контроля наиболее распространённых АПФД существуют максимальные концентрации (МРК). В последние десятилетия в санитарно-гигиенические документы введено представление о значимости пылевой нагрузки на органы дыхания, как суммарных экспозиционных доз пыли за весь период профессионального контакта, выраженный в годах. Предложены контрольные уровни пылевой нагрузки, соблюдение которых обеспечивает профилактику заболеваний пылевой этиологии.

В зависимости от преимущественного характера действия промышленного аэрозоля и ответной реакции организма выделено три основные группы пневмокониозов, каждая из которых характеризуется сходством патогенеза, патоморфологическими, функциональными, цитологическими, иммунологическими и клиническими особенностями проявлений всех составляющих группу различных видов. Пневмокониоз от воздействия высоко- и умеренно фиброгенной пыли (силикоз, антракосиликоз, силикосидероз, силикосиликоз и др.) склонен к прогрессированию фиброзного процесса и осложнению туберкулёзной инфекцией.

Пневмокониозы, развивающиеся от воздействия слабофиброгенной пыли (асбестоз, талькоз, каолиноз, оливиноз, нефелиноз, карбокониоз/антракоз, графитоз и др., сидероз, баритоз, станиоз, марганцокониоз и др.), характеризуются умеренно выраженным пневмофиброзом, доброкачественным и медленно прогрессирующим течением.

Пневмокониозы от действия аэрозолей токсико-аллергического действия (бериллиоз, алюминоз, гиперчувствительные пневмокониозы: от пыли редкоземельных сплавов, металлов-сенсibilизаторов в сочетании (или без) с токсичными газами, дымами и др.; пыли пластмасс, полимерных смол; органической пыли и др.)

К наиболее распространённым и тяжело протекающим видам пневмокониоза относится силикоз. Заболевание развивается в результате вдыхания пыли с высоким содержанием свободного диоксида кремния. Силикоз наиболее часто встречается у рабочих горнорудной промышленности, у каменотёсов. Клиническая картина силикоза у рабочих различных отраслей промышленности отличается рядом особенностей – относительно короткими сроками развития силикоза у подземных рабочих золотодобывающих рудников.

Существует узелковая и интерстициальная форма развития силикотического процесса в лёгких. Наряду с присущим силикозу многолетним течением описаны случаи быстро развивающегося или, как его называют, «острого силикоза» с коротким периодом пылевой экспозиции – 2–3 года и даже 6 месяцев. У горнорабочих диагностируются случаи так называемого позднего

силикоза, развивающегося спустя несколько лет после прекращения контакта с пылью. Предполагают, что развитие позднего силикоза обусловлено наличием «депо» кварцевой пыли в лёгких.

К заболеваниям лёгких пылевой этиологии относятся также профессиональные пылевые бронхиты. Ведущую роль в их развитии имеет воздействие вредных условий труда, степень их повреждающего влияния с учётом состава и концентрации промышленных аэрозолей, исходного состояния организма до начала работы, стажа работы в неблагоприятных условиях. Определяющее влияние на более раннее развитие и неблагоприятное течение заболевания оказывает сочетанное воздействие пыли и других вредных факторов – токсичных газов, паров, перепадов температур, значительных физических нагрузок. У горнорабочих профессиональный пылевой бронхит развивается от воздействия пыли, не оказывающей токсического, раздражающего или аллергизирующего действия, а также профессиональный бронхит от воздействия промышленных аэрозолей, содержащих пыль, токсические и/или аллергизирующие соединения (токсико-пылевой бронхит). Последний вид патологии органов дыхания регистрируется у горнорабочих, обслуживающих самоходные машины с дизельным приводом. Они подвергаются воздействию сложной пылегазовой смеси рудничной пыли и компонентов выхлопа. Важно отметить, что проявления жалоб и развитие бронхолёгочного процесса наступало через 5–8 лет от начала работы в этих условиях. Лёгочная патология у этих горнорабочих имеет хроническое течение, сопровождается формированием бронхо-пневмосклеротических изменений, прогрессированием пневмофиброза. Таким образом, изменения характера условий труда, свойств рудничного аэрозоля в шахтах, использующих самоходную дизельную технику, определяют характер профессиональной и сопутствующей патологии у горнорабочих.

Условия труда и, в первую очередь, выраженность пылевого фактора определяют высокие показатели профессиональной заболеваемости (ПЗ) у работников горнодобывающих предприятий. Основными профессиями работников, у которых были зарегистрированы заболевания пылевой этиологии, являлись: проходчик, ГРОЗ, слесари, электрослесари. В структуре заболеваний от воздействия промышленных аэрозолей первое место занимал хронический пылевой бронхит – 24,17%; второе – пневмокониоз (силикоз) – 18,53%. На угольных шахтах высокие концентрации пыли на рабочих местах определяют не только самый высокий уровень заболеваемости пылевыми болезнями лёгких, но её структуру. Формы регистрируемых пневмокониозов зависят не только от степени запылённости воздуха на рабочих местах, но и от характера разрабатываемого угля, в частности от его крепости и зольно-

сти, процентного содержания диоксида кремния в угле и породе, а также от стажа работы в шахтах, характера выполнения работ (по углю или породе). Преобладающим видом пневмокониозов у шахтёров является антрокосиликоз.

Он регистрируется у рабочих со стажем подземной работы 20–30 лет. Большой процент в профессиональной патологии шахтёров составляют хронические пылевые бронхиты, в развитии которых, помимо высокой запылённости воздуха, имеют другие факторы (неблагоприятный микроклимат, загрязнение рудничной атмосферы раздражающими газами, частые простудные заболевания и др.).

Среди рабочих рудных шахт пылевые заболевания органов дыхания также являются основными формами профессиональной патологии. Более высокое содержание свободного диоксида кремния в разрабатываемых горных породах определяет более короткий срок до развития пылевых заболеваний 15–25 лет, но имеются случаи и более раннего появления заболеваний.

Высокие уровни профессиональной заболеваемости среди рабочих горнодобывающих предприятий в последнее десятилетие объясняются не только отягощёнными условиями труда, но и снижением работ по внедрению противопылевых средств, поддержанию нормализованных режимов их работы. На многих шахтах резко снизилась обеспеченность работающих средствами индивидуальной защиты органов дыхания, спецодеждой, лечебно-профилактическим питанием. Закрылись многие медсанчасти, профилактории, на базе которых осуществлялись лечебно-профилактические и оздоровительные мероприятия (послесменная реабилитация, диспансеризация и др.).

Для профилактики пылевых заболеваний органов дыхания разработан комплекс технологических, инженерно-технических, лечебно-профилактических и социальных мероприятий.

Следует особо подчеркнуть, что профилактика заболеваний будет успешной только при внедрении и перманентном выполнении всего комплекса мер. Игнорирование одного из этих направлений, даже при тщательном выполнении двух других, сведёт на нет предпринятые усилия и не даст должного эффекта, вне зависимости от уровня вложенных средств.

В большом арсенале средств (общих и индивидуальных мер защиты), направленных на профилактику заболеваний пылевой этиологии у рабочих горнодобывающих предприятий, основное место занимают технические и санитарно-гигиенические мероприятия по максимальному снижению запылённости воздуха рабочих зон. Для снижения запылённости воздуха необхо-

димо применение комплекса противопылевых мероприятий на всех этапах добычи полезного ископаемого.

При перфораторном бурении эффективен способ борьбы с пылью, заключающийся в применении промывки шпуров водой, а при бурении скважин – диспергированным водным раствором. Эффективность пылеподавления при бурении с промывкой возрастает при применении смачивателей или смачивающих добавок. Бурение шпуров и скважин с промывкой в сочетании с оптимальным проветриванием надёжно обеспечивает снижение содержания пыли в рудничном воздухе до допустимых концентраций. При низкой отрицательной температуре воздуха и горных пород, недостатке воды рекомендуется применение систем сухого пылеулавливания.

При выполнении погрузочно-разгрузочных и транспортных операций эффективным средством борьбы с пылью также является орошение с увлажнением всех источников пылеобразования с помощью стационарных и переносных оросителей различных конструкций. Устойчивое снижение пыли в действующих забоях достигается сочетанием орошения с оптимальным проветриванием выработок. Для предупреждения интенсивного пылеобразования в карьерах, автодороги следует покрывать бетонными или железобетонными плитами, увлажнять регулярно водой или солевыми растворами, хлористым кальцием, водно-асфальтовой эмульсией, сульфатом магния и другими реагентами. Кабины горных машин и механизмов, а также транспортных средств должны быть надёжно защищены от проникновения пыли и иметь вентиляционные устройства, оборудованные воздухоочистительными установками.

Огромное значение для снижения заболеваемости пневмокониозом, хроническим пылевым бронхитом имеют профилактические медицинские осмотры рабочих горнодобывающих предприятий. Цель профилактических осмотров – выявление начальных признаков пылевого воздействия, возможно раннего прекращения дальнейшего контакта заболевшего с пылью, рационального трудоустройства. При проведении предварительных медицинских осмотров для работы в контакте с пылевым фактором важно не допустить к работе лиц, имеющих противопоказания. Организация медицинских осмотров, сроки их проведения для работников, имеющих контакт с пылью с различными физико-химическими характеристиками, периодичность, набор специалистов, участвующих в медицинском осмотре, объём клинико-лабораторных обследований определяются приказами Министерства здравоохранения. В комплексе лечебно-профилактических мероприятий важными являются диспансерное наблюдение за рабочими разных профессиональных групп с начальными проявлениями патологии, лечение в специализирован-

ных клиниках, а также проведение общеукрепляющих процедур в санаториях – профилакториях.

8.5. Мероприятия по снижению пылеобразования и профилактике пылевой этиологии в горной промышленности

Борьба с пылью на производстве и профилактика заболеваний, развивающихся от воздействия аэрозолей, осуществляется комплексом санитарно-гигиенических, технологических, организационных и медико-биологических мероприятий.

Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, ПДК не превышает 1-2 мг/м³ ; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности, - 4-6 мг/м³ , для аэрозолей с незначительной фиброгенностью – 8-10 мг/м³. Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше 1 мг/м³ . В настоящее время установлены ПДК более чем для 100 видов пыли, оказывающих фиброгенное действие. В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны технологические мероприятия.

К ним относятся:

- дистанционное управление;
- герметизация и изоляция внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции;
- автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;
- рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой);
- пылящего оборудования, работа такого оборудования под вакуумом;
- устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции.

Для горных рабочих установлены сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, выход на пенсию по возрасту в 50 лет. Используется защита временем при работе в условиях повышенной запыленности. В соответствии с российским трудовым законодательством на работы в подземных условиях не допускаются лица моложе 20 лет, так как пневмокониозы в молодом возрасте развиваются раньше и протекают тяжелее. Обязательным является про-

ведение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров. Противопоказаниями к приему на работу, связанную с воздействием пыли, являются все формы туберкулеза, хронические заболевания органов дыхания, сердечнососудистой системы, глаз, кожи.

Средства индивидуальной защиты – респираторы, специальные шлемы и скафандры с подачей в них чистого воздуха применяются в тех случаях, когда не удастся снизить запыленность воздуха в рабочей зоне до допустимых пределов более радикальными технологическими мероприятиями. К индивидуальным средствам защиты от пыли относятся также защитные очки, специальная противопылевая одежда, защитные пасты и мази.

Медико-биологические мероприятия направлены на повышение сопротивляемости организма человека и ускорение выведения из него пыли. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях, применении щелочных ингаляций и специального питания.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.

Лекция 9

Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

К числу вредных факторов физической природы относятся аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия и химические вещества, смеси, получаемые химическим синтезом и/или для контроля которых используют методы химического анализа.

9.1. Требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Порядок осуществления контроля за содержанием вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) в воздухе рабочей зоны регламентируется «Общими методическими требованиями к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны» («Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05).

Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится путем измерения среднесменных (K_{cc}) и максимально разовых (K_m) концентраций и последующего их сравнения с предельно допустимыми значениями, представленными в документе «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (ГН 2.2.5.1313-03) (рис. 9.1).

Наличие двух величин ПДК требует оценки условий труда как по минимальным, так и по среднесменным концентрациям; класс условий труда в этом случае устанавливается по более высокой степени вредности.

Среднесменная концентрация - это концентрация, усредненная за 8- часовую рабочую смену. Она определяется для характеристики уровней воздействия вещества в течение смены, расчета индивидуальной экспозиции (в том числе пылевой нагрузки), выявления связи изменений состояния здоровья работника с условиями труда.

Максимальная (максимально разовая) концентрация - концентрация вредного вещества при выполнении операций (или на этапах технологического процесса), сопровождающихся максимальным выделением вещества в воздух рабочей зоны, усредненная по результатам непрерывного или дискретного отбора проб воздуха за 15 мин для химических веществ и 30 мин для аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Для веществ, опасных для развития острого отравления (с остронаправленным механизмом действия*, раздражающих веществ), максимальную концентрацию определяют из результатов проб, отобранных за возможно более короткий промежуток времени (как это позволяет существующий метод определения вещества).

Информация о максимальных концентрациях необходима для проведения инспекционного и производственного контроля за условиями труда, выявления неблагоприятных гигиенических ситуаций, оценки технологического процесса, оборудования, санитарно-технических устройств.

По среднесменным концентрациям (K_{cc}) контролируются аэрозоли преимущественно фиброгенного действия и канцерогены - бензол, кадмий, мышьяк, их неорганические соединения и др.

По максимально разовым концентрациям (K_M) контролируются биопрепараты, вещества с остронаправленным механизмом действия (азота диоксид, водород мышьяковистый, бром, фтор и др.), раздражающего действия (азотная кислота, аммиак, йод, серная кислота и др.), аллергены (никель, соли хромовой кислоты, гентамицин и др.).

По среднесменным (K_{cc}) и максимально разовым (K_M) концентрациям определяются все остальные химические вещества.

Контроль воздуха осуществляется при характерных производственных условиях с учетом:

- характера технологического процесса (непрерывный, периодический), температурного режима, количества выделяющихся вредных веществ и др.;
- физико-химических свойств контролируемых веществ (агрегатное состояние, летучесть и др.);

* *Вещества с остронаправленным механизмом действия* - это вещества, опасные вследствие возможного развития острого отравления при кратковременном воздействии, обусловленном выраженными особенностями механизмов действия (гемолитические, угнетающие дыхательный, сосудодвигательный центры и др.).



Рис. 9.1. Определяемые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

- класса опасности и биологического действия вещества;

- планировки помещений (этажность здания, наличие межэтажных проемов, связь со смежными помещениями и др.);
- количества и вида рабочих мест (постоянные и непостоянные);
- фактического времени пребывания работающих на производственном участке и в течение рабочей смены.

Отбор проб воздуха проводят в зоне дыхания работника либо с максимальным приближением к ней воздухозаборного устройства (на высоте 1,5 мот пола при работе стоя или 1 м при работе сидя). Если рабочее место непостоянное, отбор проб проводят там, где рабочий находится большую часть своего времени.

Устройства для отбора проб воздуха могут размещаться в фиксированных точках рабочей зоны (стационарный метод) или закрепляться непосредственно на одежде работника (персональный мониторинг).

Стационарный метод отбора проб применяют для решения следующих задач:

- гигиенической оценки источников загрязнения воздуха рабочих зон (технологических процессов и производственного оборудования);
- гигиенической оценки эффективности вентиляционных систем;
- определения соответствия фактических уровней содержания вредных веществ их предельно допустимым концентрациям.

Персональный мониторинг концентраций вредных веществ в зоне дыхания работающих рекомендуется применять в тех случаях, когда выполнение трудовых операций проводится на непостоянных рабочих местах.

Измерение максимально разовой концентрации (K_m) осуществляется на участках, характеризующихся постоянством технологического процесса, значительным количеством идентичного оборудования или аналогичных рабочих мест при выполнении тех операций, когда в воздух рабочей зоны поступает наибольшее количество вредного вещества.

Длительность отбора одной пробы воздуха определяется методом анализа и зависит от концентрации вещества в воздухе рабочей зоны.

При контроле за максимальными концентрациями, если методы анализа позволяют отобрать несколько (2-3 и более) проб в течение 15 мин, вычисляют среднеарифметическую (при равном времени отбора отдельных проб) или средневзвешенную (если время отбора проб разное) величину из полученных результатов, которую сравнивают с ПДК_м.

Периодичность контроля в зависимости от класса опасности вредного вещества рекомендуется: для I класса опасности - не реже раза в 10 дней, II класса - раз в месяц, III - раз в месяц, IV класса - раз в 6 месяцев.

Определение среднесменной концентрации (K_{cc}) проводится как для конкретного работника, так и для экспозиционной группы (группы рабочих, подвергающихся влиянию одного и того же источника вредного воздействия, выполняющих одни и те же трудовые операции) (рис. 9.2). В этом случае измерение проводят не менее чем для 10% работников этой группы.

Среднесменные концентрации измеряют не только для рабочих основных профессий, но и для вспомогательного персонала, который по характеру работы может подвергаться действию вредных веществ (слесари, ремонтники, электрики и др.).

Определение среднесменной концентрации осуществляется по нижеуказанной схеме:

- приборами индивидуального контроля при непрерывном или последовательном отборе в течение смены, но не менее 75% ее продолжительности, при условии охвата всех производственных операций, включая перерывы (нерегламентированные), пребывание в операторных и др. При этом количество отобранных за смену проб зависит от концентрации вещества в воздухе. Для достоверной характеристики воздушной среды необходимо получить данные не менее чем по трем сменам;

- на основе отдельных измерений с учетом всех технологических операций (основных и вспомогательных) и перерывов в работе. Количество проб при этом зависит от числа технологических операций, их длительности. В этом случае среднесменная концентрация рассчитывается как *концентрация средневзвешенная во времени смены* или определяется на основе *обработки результатов пробоотбора графоаналитическим методом* («Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05).

Наиболее часто применяется расчетный метод определения K_{cc} . Последовательность измерений следующая:

- определяются число и продолжительность операций технологического процесса;

- проводится отбор проб воздуха на содержание пыли при каждой операции (не менее 5 проб) и рассчитываются концентрации в каждой пробе;

- по полученным результатам находится средняя концентрация за операцию и вычисляется среднесменная (K_{cc}) как средневзвешенная за смен).

Периодичность контроля среднесменных концентраций устанавливают по согласованию с ФГУЗ; как правило, она соответствует периодичности медицинского осмотра для вида производственной пыли изучаемого производства.

9.2. Производственная пыль фиброгенного действия

9.2.1. Характеристика пыли

Пыль - аэродисперсная система, в которой дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой - пылевые частицы, находящиеся в твердом состоянии и имеющие размеры от десятых долей миллиметра до долей микрометра.

Производственные аэрозоли классифицируются по *происхождению, способу образования, размерам частиц* (дисперсности) и др.

По происхождению пыль разделяется на:

- органическую;
- неорганическую;
- смешанную.

Органическая пыль может быть *естественной* - животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, джутовая, костяная, шерстяная и др.) и *искусственной* - пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических продуктов. Неорганическая пыль может быть *минеральной* (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и *металлической* (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). К смешанным видам пылей относятся пыли, образующиеся в металлургической промышленности, во многих химических и др. производствах.

В зависимости от *способа образования* различают аэрозоли *дезинтеграции и конденсации*. Аэрозоли дезинтеграции образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрывание пород и др.), при механической обработке изделий (очистка литья, полировка и др.). Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электро-сварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов.

В зависимости от дисперсности различают *видимую* пыль размером более 10 мкм, *микроскопическую* - размером от 0,25 до 10 мкм, *ультрамикроскопическую* - менее 0,25 мкм.

По характеру действия производственные аэрозоли можно разделить на аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и аэрозоли, оказывающие общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, аллергическое, мутагенное и действие.

В производственных условиях рабочие чаще всего подвергаются воздействию аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, содержащих диоксид кремния, силикаты, частицы различных металлов, сплавов и др. Степень фиброгенности пыли с содержанием свободного диоксида кремния

(S1O2) зависит от его доли; различают аэрозоли выраженно-, умеренно- (S1O2 > 10%) и (10% и менее S1O2) слабо-фиброгенные.

9.2.2. Методы контроля содержания пыли в воздухе рабочих помещений

Для определения в воздухе рабочей зоны аэрозолей преимущественно фиброгенного действия используется весовой метод, который основан на задержке пыли известного объема воздуха на специальном фильтре.

Наиболее целесообразно использовать аналитические аэрозольные фильтры (АФА - модели АФА-ВП-40, АФА-ВП-20 и др.). Они представляют собой диски из перхлорвиниловой ткани ФПП с опресованными краями. АФА обладают рядом ценных качеств, в частности высокой эффективностью пылеулавливания при малом сопротивлении току проходящего воздуха, что позволяет протягивать воздух с большой скоростью (до 100 л/мин).

В качестве фильтродержателя применяют пластмассовый или металлический аллонж. Побудителем движения воздуха являются электрические или эжекторные аспираторы.

Аспираторы, используемые для отбора проб воздуха, имеют конструкцию, позволяющую проводить исследования при наличии на рабочих местах подводки электрического тока - электрические аспираторы, и при отсутствии ее, например, в шахтах, рудниках и на взрывоопасных предприятиях - эжекторные аспираторы.

Электрический аспиратор состоит из воздуходувки, создающей отрицательное давление, электромотора и четырех реометров. Скорость определяют по шкале, отградуированной в л/мин. Два реометра градуированы от 1 до 20 л/мин и служат для отбора проб воздуха на запыленность, два других - для отбора проб воздуха при проведении газовых анализов и градуированы от 0,2 до 1 л/мин.

Вычисление и оценка результатов анализа. Из массы фильтра после взятия пробы (m_1) вычитают первоначальную массу (m_0), определяя прибавку в весе (в мг). Вычисляют объем протянутого воздуха (V), умножая объемную скорость просасывания на время отбора пробы. Затем величину привеса делят на объем протянутого воздуха, выраженный в m^3 , и по формуле получают результаты в $мг/м^3$.

$$K = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 1000}{V} .$$

Оценку результатов исследования запыленности проводят путем сопоставления их с предельно допустимым содержанием пыли в воздухе рабочей

зоны. Если отбор проводят с целью оценки эффективности действия вентиляции или других средств борьбы с пылью, то сравнивают содержание пыли до и после применения.

Методы и аппаратура, используемые для определения концентрации аэрозоля, должны отвечать установленным нормативным требованиям. Они должны обеспечивать определенные концентрации вещества на уровне 0,5 ПДК с относительной стандартной погрешностью. Относительная стандартная ошибка определения концентрации вещества на уровне ПДК не должна превышать 25%.

Объем отобранного воздуха следует привести к стандартным условиям, для чего необходимо измерение температуры, атмосферного давления и относительной влажности воздуха.

На *рис. 9.2.* представлен внешний вид индивидуального пылеотборника ШИ-3.



Рис. 9.2. Индивидуальный пылеотборник ШИ-3

9.2.3. Гигиенические критерии оценки условий труда при воздействии аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (АПФД)

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия определяют

исходя из фактических величин среднесменных концентраций АПФД и кратности превышения среднесменных ПДК (табл. 9.3).

Показателем оценки степени воздействия АПФД на органы дыхания работника является пылевая нагрузка. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания - это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с ней.

Пылевая нагрузка на органы дыхания работника (или группы работников, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = K * N * T * Q,$$

где: K - фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³; N - число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД (например, 250); T - количество лет контакта с АПФД; Q - объем легочной вентиляции за смену, м³.

Рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энерготрат и соответственно категорий работ согласно СНИП 2.2.4.548-96 («Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»):

- для работ категории Ia - Ib объем легочной вентиляции за смену - 4 м³;
- для работ категории IIa - IIb - 7 м³;
- для работ категории III - 10 м³.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), под которой понимают пылевую нагрузку, сформировавшуюся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором:

$$КПН = ПДК_{cc} * N * T * Q,$$

где: ПДК_{cc} - среднесменная ПДК, мг/м³, N - число рабочих смен в календарном году; T - количество лет контакта с АПФД; Q - объем легочной вентиляции за смену, м³.

При соответствии фактической пылевой нагрузки (ПН) контрольному уровню (КПН) условия труда относят к допустимому классу и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях.

Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда.

9.3. Профилактические мероприятия

Основой проведения мероприятий по борьбе с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (АПФД) является гигиеническое нормирование.

При разработке системы оздоровительных мероприятий основные гигиенические требования должны предъявляться к технологическим процессам и оборудованию, вентиляции, строительно-планировочным решениям, использованию средств индивидуальной защиты.

Одной из важнейших мер медицинской профилактики вредного влияния АПФД является проведение предварительных и периодических медицинских осмотров: лица, подвергающиеся воздействию этого производственного фактора, подлежат предварительным при поступлении на работу и периодическим медицинским осмотрам в соответствии с приказом Минздрава РФ «О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии» от 14.03.1996 г.

При поступлении на работу противопоказаниями к приему являются тотальные дистрофические и аллергические заболевания верхних дыхательных путей, хронические заболевания бронхолегочной системы, искривление носовой перегородки, хронические часто рецидивирующие заболевания кожи, пороки развития органов дыхания и сердца.

Периодические осмотры проводят терапевт, отоларинголог, по показаниям невропатолог, дерматовенеролог. Частота осмотров находится в зависимости от вида производственного фактора: например, при воздействии кремнийсодержащих аэрозолей с содержанием свободного диоксида кремния более 10% - раз в год, углеродной пыли - раз в 2 года. Из лабораторных и функциональных исследований проводится рентгенография грудной клетки.

Необходимыми мерами профилактики при воздействии химических факторов являются гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, гигиеническая стандартизация химического сырья и готовых продуктов.

Наиболее радикальные меры защиты производственной среды от загрязнения химическими веществами - их полное изъятие из технологического процесса и замена менее вредными веществами, автоматизация технологического процесса, совершенствование оборудования, применение рациональной вентиляции, средств индивидуальной защиты.

Из лечебно-профилактических мероприятий следует указать на необходимость проведения предварительных и периодических медицинских осмотров в соответствии с приказом Минздрава РФ «О порядке проведения пред-

варительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинские рекомендации допуска к профессии» ? 90 от 14.03.1996 г.

В зависимости от характера воздействия на работающего химических соединений определяются периодичность медицинских осмотров, состав врачебной комиссии, необходимые лабораторные и функциональные исследования, а также указывается перечень медицинских противопоказаний при приеме на работу.

Для ряда производств необходимым является использование лечебно-профилактического питания.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от 12.06.94 г.) № 2.2.013-94. 96
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1974.
7. ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Лекция 10

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ШАХТЁРОВ СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ

10.1. Профессиональная заболеваемость

– общепризнанный критерий вредного влияния неблагоприятных условий труда на здоровье работников.

Профессиональная заболеваемость – общепризнанный критерий вредного влияния неблагоприятных условий труда на здоровье работников.

В угольной промышленности – это контакт с угольно-породной пылью; изменение газового состава воздуха (снижение содержания кислорода, увеличение концентрации углекислого газа, поступление в атмосферу шахты метана, оксида углерода, сероводорода, сернистого газа, оксидов азота, взрывных газов и т.д.); шум и вибрация; нерациональное освещение и вентиляция; вынужденное положение тела; нервно-психическое, зрительное, слуховое перенапряжение; тяжелый физический труд, а также повышенная опасность травматизма. И чем больше подземный стаж, тем выше вероятность нарушения здоровья в результате заболевания или травмы.

В структуре профессиональной заболеваемости шахтеров по диагнозам первое место занимают заболевания, вызванные влиянием промышленных аэрозолей (пневмокониозы, хронические и пылевые бронхиты, кониотуберкулез), второе место - заболевания, связанные с физическими перегрузками и перегрузками органов и систем организма (радикулопатия), третье место - заболевания, вызванные действием физических факторов (вибрационная болезнь, артроз, катаракта).

Шахтеры-угольщики чаще других подвержены заболеваниям органов дыхания, связанным с вдыханием угольной пыли. Длительное воздействие повышенных концентраций пыли приводит к возникновению тяжелых профессиональных заболеваний органов дыхания – пневмокониозов и пылевого бронхита. В угольной промышленности самое распространенное заболевание - силикоз, возникающее от воздействия пыли с высоким содержанием диоксида кремния. Силикоз легких чаще встречается у шахтеров, работающих на антрацитовых шахтах, возникновению болезни способствует вдыхание пыли, содержащей диоксид кремния в свободном и связанном состоянии, рудничной, рентгеноконтрастной, углеродосодержащей пыли (уголь, кокс, сажа, графит и др.) пыли металлов и их окислов.

Среди шахтеров, проработавших 15-20 лет под землей, распространены пневмокониозы (от латинских слов *pneumon* - легкие и *conia* - пыль): антракоз, или "черные легкие", возникающий от воздействия угольной пыли, антракосиликоз от воздействия угольно-породной пыли и эмфизема легких.

Воздействие на организм высоких концентраций пыли, помимо профессиональных заболеваний приводит к развитию профессионально-обусловленных хронических неспецифических заболеваний легких и верхних дыхательных путей.

Воздействие шума и вибрации на работающих обусловлено несовершенством горной техники.

На механизированных шахтах наибольшее распространение получили болезни опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, а также нейросенсорная тугоухость.

Бурситы возникают у работающих на полого-падающих пластах, вибрационная болезнь – у машинистов комбайнов, работающих в шахтах с крутым залеганием пластов и у бурильщиков.

Гнойничковые заболевания кожи и простудные заболевания, миозиты, невриты, радикулиты встречаются чаще у работающих в холодных сырых забоях, при работе в неудобной позе и большом физическом напряжении.

У шахтеров встречаются также нистагм (судорожное подергивание глазного яблока, связанное с поражением центральной нервной системы) и некоторые грибковые заболевания.

У работающих на шахтах, где в воздухе присутствуют метан и другие углеводороды ряда метана, описаны заметные **сдвиги со стороны вегетативной нервной системы** (положительный глазо-сердечный рефлекс, резко выраженная атропиновая проба, гипотония). Тем не менее хроническое действие метана не вызывает тяжелых органических изменений, хотя некоторые исследователи связывают возникновение у шахтеров нистагма с длительным воздействием метана.

Бывают случаи отравления шахтеров метаном. Как правило, при **отравлении метаном** возникает ощущение тяжести в голове, человек испытывает головокружение, наблюдается шум в ушах. Также симптомами отравления газом являются рвота, покраснение кожи, резкая мышечная слабость, частое сердцебиение, сонливость.

Физиологически метан индифферентен и может вызывать отравления лишь в очень высокой концентрации (из-за малой растворимости в воде и крови). Первые признаки отравления (учащение пульса, увеличение объема

дыхания, нарушение координации движений) появляются при концентрации его в воздухе 25-30 об. %. Более высокие концентрации метана вызывают головную боль. Наиболее сильное токсическое действие проявляется при повышенном давлении (2- 3 атм). У работающих в шахтах и на производствах, где в воздухе присутствуют метан и другие углеводороды метанового ряда, описаны нарушения функции вегетативной нервной системы (повышение возбудимости ее парасимпатического отдела, артериальная гипотензия и др.). Некоторые исследователи связывают с влиянием метана возникновение у шахтеров нистагма (непроизвольных колебательных движений глаз высокой частотой).

10.2. Средства коллективной защиты (СКЗ)

СКЗ - предназначены для одновременной защиты двух и более работающих от воздействия опасных и вредных производств. факторов. На предприятиях горн. промышленности СКЗ включают устройства для поддержания нормируемой величины барометрическое давления, вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха, отопления и освещения производств. помещений и рабочих мест (см. Освещение горных предприятий). С помощью СКЗ осуществляется защита работающих от электр. и магнитных полей (защитные заземления, изолирующие устройства и покрытия), шума (звукоизолирующие и звукопоглощающие устройства, глушители шума), вибрации (оградит., виброизолирующие и вибропоглощающие устройства). К СКЗ относятся также оборудование для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации, дегазации, устройства для транспортирования и хранения изотопов, ёмкости для радиоактивных отходов, герметизирующих устройства, различные противопожарные средства - огнетушители, огнепреградители.

В качестве СКЗ применяются также ограждения движущихся частей машин, станков и механизмов, опасных по напряжению токоведущих частей оборудования, зон высоких температур и вредных излучений, источников шума, колодцев и др. Широко используются предупредит. знаки, плакаты и приборы сигнализации о превышении допустимых параметров, о наступлении предаварийной ситуации и др. В целях предотвращения перехода движущихся частей механизмов за установленные пределы, внезапного повышения или падения давления, напряжения электрического тока применяются предохранит. устройства: плавкие вставки, предохранители и автоматы отключения, грузовые, пружинные или

мембранные предохранит. клапаны, срезающиеся штифты (шпильки), пружинно-кулачковые или фрикционные муфты, блокировочные и отключающие устройства.

10.4. Средства коллективной защиты шахтёров

Средства обеспыливания воздуха:

- на основе воды – форсунки орошения у режущих органов добычных и проходческих комбайнов, водяные завесы, туманообразующие завесы, побелка выработок, обмывка выработок, водяные заслоны из бесшовных полиэтиленовых мешков ПБС, пластиковых сосудов ПБС;
- на основе сланцевой пыли – осланцевание горных выработок, сланцевые заслоны из деревянных полок, сланцевые заслоны из бесшовных полиэтиленовых мешков ПБС со сланцевой пылью;
- установка обеспыливания шахтного воздуха при работе проходческого комбайна с режущим органом избирательного типа. Принцип действия установки – всасывающий, эффективность – **85 – 90 %**;

Спасательные пункты

- передвижные спасательные пункты **ПСП** и **ПСПМ**, устраиваются на расстоянии **50 м** от очистных забоев. **ПСП** – предназначен для переключения горнорабочих из самоспасателей с истекающим сроком защитного действия в новые самоспасатели при длинных маршрутах выхода. Воздухоподающая система **ПСП** состоит из баллона со сжатым воздухом, редуктора и четырёх лёгочных автоматов с лицевыми частями. Подача воздуха из баллона к лицевым частям и аварийный вызов диспетчера осуществляются автоматически при открывании двери пункта. **ПСПМ** отличается от **ПСП** тем, что воздухоподающая система питается не от баллона со сжатым воздухом, а от магистральной шахтной сети сжатого воздуха.

Средства контроля метана

- Стационарная автоматическая аппаратура контроля метана **АТ-1-1**, **АТ-3-1** – автоматическая стационарная аппаратура контроля содержания метана применяется на шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам. Аппаратура обеспечивает непрерывный контроль за содержанием метана, автоматическое отключение электропитания контролируемого объекта при достижении определённой концентрации метана, непрерывную информацию содержания метана на поверхность, подачу местной и централизованной звуковой и световой сигнализации при достижении пре-

дельного значения концентрации метана.

Аппаратура контроля поступления воздуха в тупиковые выработки

- Аппаратура контроля поступления воздуха в тупиковые выработки (АПТВ) предназначена для контроля поступления воздуха к забою тупиковой выработки от вентиляторов местного проветривания и автоматического отключения электроэнергии при нарушении нормального режима проветривания выработки, а также автоматизированного управления вентиляторами местного проветривания, в том числе резервными.

Автоматическая газовая защита

- АГЗ – автоматическая газовая защита – комплекс аппаратуры для контроля содержания концентрации газа метана в горных выработках.

- Система АГК предназначена для обеспечения безопасности горных работ посредством непрерывного автоматического измерения (контроля) параметров, характеризующих газовый и пылевой режимы шахты, сбора, отображения, хранения и анализа информации, управления установками, поддерживающими безопасное аэрогазовое состояние в горных выработках шахт

- Комплекс аэрогазовый информационный КАГИ предназначен [31, 32]:

- для использования в системах аэрогазового контроля (АГК) угольных шахт;

- для приема, преобразования, представления оператору АГК, обработки, выдачи и хранения поступающей на поверхность информации в виде непрерывных и дискретных сигналов от аппаратуры автоматического контроля содержания метана АКМ – анализаторов метана (АТ1-1, АТ3-1, АМТВ, АТБ);

- измерителей скорости и направления движения воздуха ИСНВ, устройства телеуправления и телесигнализации ТУ-ТС «Ветер-1М» с аппаратурой контроля проветривания тупиковых выработок (АКВ) всех типов (АПТВ, «АЗОТ», «АЗОТ-Р»), а также управления вентиляторами местного проветривания (ВМП).

Комплекс может быть использован в комплекте с другой измерительной аппаратурой (контроль содержания оксида углерода и других газов, запылённости рудничного воздуха, температуры и т. п.), имеющей унифицированный выход 0-5 мА, а совместно с устройством ТУ-ТС «Ветер-1М» – для автоматизации контроля и управления другим оборудованием.

2.3. Унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС) [33].

Назначение Системы

Данная система предназначена для обеспечения комплексной безопасности шахт путем контроля и управления параметрами машин и окружающей среды в горных выработках шахт и автоматизированного управления машинами и технологическими комплексами, а также передачи данных о состоянии ГШО и атмосферы выработок диспетчеру на поверхность.

Область применения Системы

Основная область применения системы – это угольные и горнодобывающие предприятия, в том числе, опасные по газу и пыли, с оборудованием на поверхности и под землей, а так же другие предприятия, где требуется контролировать и передавать на расстояния параметры работы оборудования.

Функциональное назначение Системы

Функциональным назначением этой системы является:

- сбор данных о состоянии ГШО и окружающей среды в выработках шахт;
- обработка полученной информации по заданному алгоритму и выдача команд сигнализации и аварийного отключения;
- передача данных диспетчеру на поверхность;
- обработка и визуализация собранной информации по заранее разработанному алгоритму;
- передача команд управления от диспетчера к подземным объектам .

Сигналы о состоянии горных машин, механизмов, оборудования и окружающей среды поступают в Систему от соответствующих датчиков, установленных как в шахте, так и на поверхности. Эти сигналы поступают на программируемые контроллеры, которые их регистрируют, анализируют, подают команды на сигнализацию или отключение при превышении параметрами уставочных значений и передают эту информацию по цифровому каналу связи в диспетчерскую. В зависимости от ситуации, диспетчер формирует управляющие команды, которые передаются на контроллеры оборудования, установленного как под землей, так и на поверхности для включения и отключения.

Основные задачи Системы.

Основными задачами системы при ее использовании на угольных шахтах являются следующие:

- автоматическая газовая защита;
- контроль параметров шахтной атмосферы и микроклимата;

- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования;
- автоматизированное управление горными машинами и комплексами;
- управление технологическими процессами;
- контроль состояния систем электроснабжения, гидроснабжения, пневмоснабжения и управление ими.

Выполняемые функции.

Система УТАС обеспечивает выполнение следующих функций:

- местную и централизованную индикацию текущих значений аналоговых показателей контролируемых объектов;
- местную и централизованную визуальную предупредительную сигнализацию при достижении предаварийного состояния контролируемых объектов;
- местную и централизованную визуальную и звуковую аварийную сигнализацию о достижении предельно-допустимых уровней контролируемых параметров (показателей) или аварийного состояния контролируемых объектов;
- местную сигнализацию о предельных положениях и позициях передвижных установок, деталей машин и механизмов;
- пуск (включение) объектов в работу по команде диспетчера (оператора), в т. ч. По установленным алгоритмам и их технологическую остановку;
- выдачу управляющих команд на защитные отключения оборудования или осуществление блокировок цепей управления при достижении контролируемыми показателями предельно-допустимых уровней;
- возможность осуществления централизованных управляющих воздействий (защитных отключений, блокировок) с целью недопущения развития аварийных ситуаций;
- передачу, прием, отображение, регистрацию и накопление поступающей информации от составных частей системы;
- отбор, первичную обработку и передачу диспетчерской службе шахты технологической информации и информации о показателях безопасности контролируемых объектов;
- предоставление диспетчеру информации о состоянии любого контролируемого объекта с использованием четырех типов сигналов (нормальная работа, предаварийное состояние, аварийное состояние, режим проверки);

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высш. шк., 1999. -448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие /Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. -448 с.
3. Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О.Н. Русака. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. - 279 с.
4. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомэпиднадзор России, (от12.06.94 г.) № 2.2.013-94. 96.
6. Иванов Ю.А., Силаков С.М. и др. Сопряжение комплекса КАГИ и аппаратуры АКРД как пример информационного взаимодействия СКБ-совместимых систем. – Макеевка: МакНИИ, 2010. - http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/szsb/2010_1/10ivs1.pdf.
7. РД-15-06-2006. Методические рекомендации о порядке проведении аэрогазового контроля в угольных шахтах.
8. Типовое руководство по эксплуатации унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическим комплексами УТАС. – Донецк, 2005. - 36 с

Лекция 11

Микроклимат производственных помещений

11.1. Общие положения

Метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Показатели

микроклимата: температура воздуха и его относительная влажность, скорость его движения, мощность теплового излучения.

Жизнедеятельность человека может нормально протекать лишь при условии сохранения температурного гомеостаза организма, что достигается за счет системы терморегуляции и деятельности др. функциональных систем: сердечнососудистой, выделительной, эндокринной и систем, обеспечивающих энергетический, водно-солевой и белковый обмен. Для сохранения постоянной температуры тела организм должен находиться в термостабильном состоянии, которое оценивается по тепловому балансу. Тепловой баланс достигается координацией процессов теплопродукции и теплоотдачи.

11.2. Виды микроклимата

Микроклимат (далее — М.) по степени влияния на тепловой баланс человека подразделяется на нейтральный, нагревающий, охлаждающий.

Нейтральный микроклимат при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивает тепловой баланс организма. Разность между величиной теплопродукции Q_m и суммарной теплоотдачей $Q_{\text{сум}}$ находится в пределах 2 Вт, доля теплоотдачи испарением влаги не превышает 30%.

Охлаждающий микроклимат — сочетание параметров, при котором суммарная теплоотдача в окружающую среду $Q_{\text{сум}}$ превышает величину теплопродукции организма. Это приводит к образованию общего и (или) локального дефицита тепла в теле человека (> 2 Вт). Охлаждающий М. приводит к обострению язвенной болезни, радикулита, обуславливает возникновение заболеваний органов дыхания, сердечнососудистой системы.

Нагревающий микроклимат — сочетание параметров, при котором имеет место изменение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме (> 2 Вт) и (или) в увеличении доли потерь тепла испарением влаги ($> 30\%$). Воздействие нагревающего М. также вызывает нарушение состояния здоровья, снижение работоспособности и производительности труда. Нагревающий М. может привести к заболеванию общего характера, которое проявляется чаще всего в виде теплового коллапса. Он возникает вследствие расширения сосудов и уменьшения давления в них крови. При этом температура тела не слишком высокая. Обморочному состоянию предшествует головная боль, чувство слабости, головокружение, тошнота. Кожа сначала краснеет, потом бледнеет и покрывается холодным потом. Частота сердечных сокращений увеличивается. Это состояние быстро проходит при отдыхе в прохладном месте.

Нагревающий М. является причиной болезней неинфекционного происхождения. Возникающее в этих условиях интенсивное потоотделение сопровождается потерями солей и воды в организме. Увеличиваются количество тромбоцитов в крови и ее вязкость, уровень холестерина в плазме крови, что повышает вероятность тромбозов (в частности, мозговых артерий). Заболеваемость среди рабочих горячих цехов в 1,2—2,1 раза выше, чем среди рабочих, не подвергающихся постоянному действию нагревающего М. Термическая нагрузка в основных цехах металлургического производства обуславливает 37% всех болезней органов дыхания и 39% заболеваний органов пищеварения. Возникают заболевания сердечнососудистой системы, связанные со значительным напряжением гемодинамики, проявляющиеся в виде стойких миокардиопатий, нейроциркуляторных дистоний по гипертоническому типу. Происходит интенсивное биологическое старение рабочих, труд которых связан со значительной тепловой и физической нагрузкой, особенно в возрастной группе от 50 лет. Наблюдаются головные боли, повышенная потливость и утомляемость. Выявлено достоверное повышение стандартизованных показателей смертности от заболеваний сердечнососудистой системы.

11.3. Негативное влияние микроклимата на здоровье человека

Негативное влияние охлаждающего микроклимата на организм.

При выраженном охлаждении растет число тромбоцитов и эритроцитов в крови, увеличивается содержание холестерина, вязкость крови, что повышает возможность тромбообразования. Охлаждение человека (как общее, так и локальное) приводит к изменению его двигательной реакции, нарушает координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, что может быть причиной возникновения различных форм травматизма. При локальном охлаждении кистей снижается точность выполнения рабочих операций. Работоспособность уменьшается на 1,5% при снижении температуры пальцев на каждый градус.

Хроническое охлаждение (в т. ч. локальное) в процессе трудовой деятельности вызывает прежде всего "холодовые" нейроваскулиты, синдром Рейно, ангиотрофоневрозы. Симптомами хронического поражения холодом стоп и кистей являются снижение температуры кожи, нарушение тактильной чувствительности, увеличение показателей влажности, трофические расстройства. Влияние хронического охлаждения усугубляется воздействием локальной вибрации. При этом сокращаются сроки развития вибрационного поражения.

Негативное влияние нагревающего микроклимата на организм

К ним относятся переохлаждения, тепловые и солнечные удары.

Тепловой удар очень опасен. Даже при раннем выявлении каждый пятый случай является смертельным. При общем тепловом застое значительно повышается температура тела, что приводит к прямому повреждению тканей, особенно в ЦНС. Тошнота и рвота предшествуют шоковой стадии с глубокой потерей сознания, иногда сопровождающейся судорогами. Вследствие расстройства центра терморегуляции снижается потообразование. Кожа горячая, сухая, сначала имеет красный цвет, а потом приобретает серую окраску. Смертность тем выше, чем выше температура тела. Особенно подвержены тепловым ударам лица, имеющие массу тела выше нормы. Существует линейная зависимость между ее превышением и относительной вероятностью смерти от теплового удара. Наибольшая частота тепловых ударов наблюдается у людей в возрасте 46 лет и старше. Относительно часто тепловые удары случаются с людьми и более молодого возраста (18—20 лет). В первые недели работы в нагревающей среде тепловые удары встречаются чаще, чем в последующие.

В результате солнечного удара в первую очередь нарушаются функции головного мозга из-за местного перегревания незащищенной от солнца головы. К тепловому истощению может привести уменьшение влаги в организме. Уменьшение содержания влаги в теле человека на 1—2% от общей массы не приводит к каким-л. существенным изменениям в организме (кроме возникновения чувства жажды). С усилением обезвоживания организма наступают такие явления, как сонливость, некоординированные движения и существенное снижение работоспособности. При дефиците влаги больше 10% массы тела наступает потеря сознания, иногда — состояние сильного возбуждения и смерть.

Определяют как *тепловое состояние* (ТС) функциональное состояние человека, обусловленное его теплообменом с окружающей средой, характеризующееся содержанием и распределением тепла в глубоких ("ядро") и поверхностных ("оболочка") тканях организма, а также степенью напряжения механизмов терморегуляции.

Показатели ТС:

- температура кожи (средневзвешенная и локальная);
- температура "ядра" тела;
- средняя температура тела;
- изменение теплосодержания в организме;
- величина влагопотерь;
- изменение частоты сердечных сокращений;
- теплоощущение.

Разработаны классификация ТС (оптимальное, допустимое, предельно допустимое, недопустимое) и метод его оценки в целях обоснования гигиенических требований к М. рабочих мест, а также меры профилактики охлаждения и перегрева работников. По степени влияния на самочувствие человека, его работоспособность микроклиматические условия подразделяются на оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Оптимальные микроклиматические условия характеризуются такими параметрами показателей М., которые при их сочетанном воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают оптимальное ТС организма. В этих условиях напряжение терморегуляции минимально, общие и (или) локальные дискомфортные теплоощущения отсутствуют, что позволяет сохранять высокую работоспособность.

Допустимые микроклиматические условия характеризуются такими параметрами показателей М., которые при их сочетанном действии на человека в течение рабочей смены могут вызывать изменение ТС. Это приводит к умеренному напряжению механизмов терморегуляции, незначительным дискомфортным общим и (или) локальным теплоощущениям. При этом сохраняется относительная термостабильность, может иметь место временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, но не нарушается здоровье (в течение всего периода трудовой деятельности). Допустимы такие параметры М., которые при их совместном действии на человека обеспечивают допустимое ТС организма.

Вредные микроклиматическис условия — параметры М., которые при их сочетанном действии на человека в течение рабочей смены вызывают изменения ТС организма: выраженные общие и (или) локальные дискомфортные теплоощущения, значительное напряжение механизмов терморегуляции, снижение работоспособности. При этом не гарантируется термостабильность организма человека и сохранение его здоровья в период трудовой деятельности и после ее окончания. Степень вредности М. определяется как величинами его составляющих, так и продолжительностью их воздействия на работающих (непрерывно и суммарно за рабочую смену, за период трудовой деятельности).

Опасные (экстремальные) *микроклиматические условия* — параметры М., которые при их сочетанном действии на человека даже в течение непродолжительного времени (менее 1 ч) вызывают изменение ТС, характеризующееся чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции, что может привести к нарушению состояния здоровья и возникновению риска смерти.

Нормативные требования к отдельным показателям М., их сочетаниям, разработанные на основе изучения теплообмена и ТС человека в микрокли-

матических камерах и в производственных условиях, а также на основе клинических и эпидемиологических исследований, изложены в СанПиН 2.2.4.548—96.

В производственных помещениях, где допустимые нормативные величины М. поддерживать не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегрева и охлаждения. Это достигается различными средствами:

- применением систем местного кондиционирования воздуха;
- использованием индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры;
- регламентацией периодов работы в неблагоприятном М. и отдыха в помещении с М., нормализующим ТС;
- сокращением рабочей смены и др.

11.4. Защита и профилактика от влияния негативных микроклиматических условий на организм человека

Профилактика перегрева работников в нагревающем М. включает следующие мероприятия:

нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к 8-часовой рабочей смене;

- регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды (непрерывно и за рабочую смену) для поддержания среднесменного ТС на оптимальном или допустимом уровне;

использование специальных СКЗ и СИЗ, уменьшающих поступление тепла извне к поверхности тела человека и обеспечивающих допустимое ТС работников.

Защита от охлаждения осуществляется посредством одежды, изготовленной в соответствии с требованиями ГОСТ 29335—92 и 29338—92 "Костюмы мужские и женские для защиты от пониженных температур. Технические условия". Для уменьшения теплопотерь могут быть использованы также локальные источники тепла, обеспечивающие сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма. Применение одежды не исключает соблюдения должной регламентации времени работы в неблагоприятной среде, а также общего режима труда, утвержденного соответствующим предприятием и согласованного с органами ГСЭН. Для нормализации ТС организма регламентируют продолжительность непрерывного пре-

бывания на холоде и продолжительность пребывания в помещении с комфортными условиями.

Список литературы

1. Барашников Ю.М. Охрана труда в пищевой промышленности, общественном питании и торговле. - Москва: Академия, 2006. - 268 с.
2. Зазулина З.К. Производственная санитария. – Москва: Металлургия, 1968. – 688 с.
3. Коева А.И. Охрана труда для работников общественного питания. – Москва: Феникс, 2001. – 128 с.
4. Могильный М.П. Оборудование предприятий общественного питания, тепловое оборудование. – Москва: Академия, 2004. – 192 с.
5. Простова С.П. Охрана труда для работников производства. – Москва: Лик, 1990. – 523 с.

Лекция 12

Параметры микроклимата и их влияние на здоровье и работоспособность человека

12.1. Общие положения

При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт (состояние удовлетворения внешней средой), обеспечивается высокий уровень работоспособности. Такие условия предпочтительны на рабочих местах.

ГОСТ 12.1.005 установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

Допустимые микроклиматические условия при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не нарушается состояние здоровья, но возможны дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Из таблицы 12.1 видно, что параметры микроклимата производственных помещений зависят от степени тяжести выполняемых работ и периода года (теплым принято считать период года со среднесуточной температурой наружного воздуха выше 10 °С, холодным — с температурой 10 °С и ниже).

Оптимальные параметры микроклимата распространяются на всю рабочую зону производственных помещений без разделения рабочих мест на постоянные и непостоянные. Если по технологическим требованиям, технически и экономически обоснованным причинам оптимальные параметры микроклимата не могут быть обеспечены, то устанавливают пределы их допустимых значений (табл. 12.2). Определяя характеристику помещения по категории выполняемых работ (уровню энергозатрат), ориентируются на те из них, которые выполняются 50 % (и более) работающими.

12.1. Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений при относительной влажности воздуха в диапазоне 40...60 %

Период года	Категория работ (поуровню энергозатрат, Вт)	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22.. .24	21. .25	0,1
	1б (140.. .174)	21. .23	20.. .24	0,1
	IIа (175. .232)	19.. .21	18.. .22	0,2
	IIб (233. .290)	17.. .19	16.. .20	0,2
	III (более 290)	16.. .18	15.. .19	0,3
Теплый	1а (до 139)	23.. .25	22.. .26	0,1
	1б (140.. .174)	22.. .24	21. .25	0,1

	IIa (175.. ..232)	20.. ..22	19.. ..23	0,2
	IIб (233.. ..290)	19. ..21	18.. ..22	0,2
	III (более 290)	18. ..20	17.. ..21	0,3

Кроме указанных в таблице 12.1 параметров микроклимата нормируется также интенсивность теплового облучения работников. Допустимое значение теплового облучения на постоянных и непостоянных рабочих местах не должно превышать 35 Вт/м², если в зоне облучения находится 50 % и более поверхности тела. При размере последней от 25 до 50 % предел допустимой интенсивности облучения составляет 70 Вт/м², а при облучении менее 25 % поверхности тела — 100 Вт/м². Интенсивность открытых источников теплового излучения (пламя, нагретый металл и т. п.) не должна превышать 140 Вт/м² при облучении не более 25 % поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе лица и глаз.

12.2. Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений при относительной влажности воздуха в диапазоне 15...75%

П ериод года	Катего- рия работ (поуровню	Температура воздуха, °С	Те мпе- ра	Скоростьдви- жения воздуха, м/с, не более
--------------------	-----------------------------------	----------------------------	------------------	---

	энерго- затрат, Вт)	ни- же опти- маль-ных значений	вы ше оп- тималь- ных значе- ний	тура по- верх- но стей, °С	для диапа- зона темпе- ратур воздуха ниже оп- тима	Для диапазо- на темпе- ра- тур воз- духа выше оп- тимал
Х олод- н ый	Ia(до 139)	20.. .21,9	24 Д...25	19 ...26	0,1	0,1
	16 (140.. .174)	19.. .20,9	23, 1...24	1825	0,1	0,2
	IIa (175.. ..232)	17.. ..18,9	21, 1. .23	1624	0,1	0,3
	IIб(233.. ..290)	15.. ..16,9	19, 1...22	14 .. .23	0,2	0,4
	III (более 290)	13... 15.9	18, 1...21	12 ...22	0,2	0,4
Те плый	Ia(до 139)	21.. ..22,9	25, 1..28	20 .. .29	од	0,2
	16(140..1 74	20.. .21,9	24, 1...28	19 ...29	0,1	0,3
	IIa 175...232	18.. ..19,9	22 Д...27	17 ...28	0,1	0,4
	IIб 233...290	16... 18.9	21, 1...27	1528	0,2	0,5
	III (более 290)	15.. ..17,9	20 Д...26	14 .. .27	0,2	0,5

Нагрев кожи человека до 45 °С вызывает ее повреждение и болевые ощущения, а при температуре 52 °С происходит необратимое свертывание белков тканей. Поэтому в целях профилактики тепловых травм температура нагретых поверхностей машин, оборудования или ограждающих их конструкций должна быть не выше 45 °С.

Допустимые перепады температуры воздуха по высоте рабочей зоны не должны превышать 3 °С для работ всех категорий, а по горизонтали 4 °С для легких работ, 5 °С для работ средней тяжести и 6 °С для тяжелых работ. Во всех случаях абсолютные значения температуры воздуха, измеренной на разной высоте и в различных участках производственных помещений в течение смены, должны входить в пределы, устанавливаемые таблицами 12.1 и 12.2. Необходимо отметить, что параметры воздушной среды животноводческих и птицеводческих зданий регламентированы Нормами технологического проектирования и направлены на получение максимальной продуктивности поголовья, содержащегося в таких постройках. Поэтому требования ГОСТ 12.1.005 не распространяются на воздух рабочей зоны в этих зданиях, а также в помещениях для хранения сельскохозяйственной продукции.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Метеорологические условия рабочей среды (микроклимат) оказывают влияние на процесс теплообмена и характер работы. Микроклимат характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения, а также интенсивностью теплового излучения. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям. Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения. Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая относительная влажность (отношение содержания водяных паров в 1 м³ воздуха к их максимально возможному содержанию в этом же объеме) при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре она усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведёт к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек. Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких

температурах, но отрицательно низких. Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях обеспечивают нормативные значения параметров микроклимата: температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения, а также интенсивности теплового излучения.

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определённых условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений. К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха рабочей зоны относятся температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении.

Относительная влажность воздуха представляет собой отношение фактического количества паров воды в воздухе при данной температуре к количеству водяного пара, насыщающего воздух при этой температуре.

Если в производственном помещении находятся различные источники тепла, температура которых превышает температуру человеческого тела, то тепло от них самопроизвольно переходит к менее нагретому телу, т.е. человеку. Различают три способа распространения тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Человек в процессе труда постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры (36,6 °C). Способность человеческого организма к поддержанию постоянной температуры носит название терморегуляции. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом тепла в процессе жизнедеятельности в окружающее пространство. Теплоотдача от организма в окружающую среду происходит в результате: теплопроводности через одежду; конвекции тела; излучения на окружающие поверхности, испарения влаги с поверхности кожи; нагрева выдыхаемого воздуха. Нормальное тепловое самочувствие человека при выполнении им работы любой категории тяжести достигается при соблюдении теплового баланса. Рассмотрим, как влияют основные параметры микроклимата на теплоотдачу от организма человека в окружающую среду.

Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносных сосудов кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счёт конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха наблюдается обратная картина: за счёт расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача. В нормативных документах введены понятия оптимальных и допустимых параметров микроклимата.

Оптимальными микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции.

Допустимые условия обеспечивают таким сочетанием количественных параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека может вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособленных возможностей.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления. Важное место имеет и правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоёмкие работы в горячих цехах.

Механизация и автоматизация производственного процесса позволяет резко снизить трудовую нагрузку на человека (массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза, расстояние перемещения груза, уменьшить переходы, обусловленные технологическим процессом), вовсе убрать человека из производственной среды, переложив его трудовые функции на автоматизированные машины и оборудование. Для защиты от теплового излучения используют различные теплоизолирующие материалы, устраивают теплозащитные экраны и специальные системы вентиляции (воздушное душирование). Теплозащитные средства должны обеспечивать тепловую об-

лучённость на рабочих местах не более 350 Вт/м² и температуру поверхности оборудования не выше

35°С при температуре внутри источника тепла до 100 °С и не выше 45 °С – при температуре внутри источника тепла выше 100 °С.

Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. Теплоотражающие экраны изготавливаются из алюминия или стали, а также фольги или сетки на их основе. Теплопоглощающие экраны представляют собой конструкции из огнеупорного кирпича, асбестового картона или стекла. Теплоотводящие экраны – это полые конструкции, охлаждаемые изнутри водой.

Своеобразным теплоотводящим прозрачным экраном служит так называемая водяная завеса, которую устраивают у технологических отверстий промышленных печей и через которую вводят внутрь печей инструменты, обрабатываемые материалы, заготовки и др.

Список литературы

1. Барашников Ю.М. Охрана труда в пищевой промышленности, общественном питании и торговле. - Москва: Академия, 2006. - 268 с.
2. Зазулина З.К. Производственная санитария. – Москва: Металлургия, 1968. – 688 с.
3. Коева А.И. Охрана труда для работников общественного питания. – Москва: Феникс, 2001. – 128 с.
4. Могильный М.П. Оборудование предприятий общественного питания, тепловое оборудование. – Москва: Академия, 2004. – 192 с.
5. Простова С.П. Охрана труда для работников производства. – Москва: Лик, 1990. – 523 с.

Лекция 13

Терморегуляция организма человека

13.1. Общие положения

Между человеком и окружающей его средой постоянно происходит теплообмен. Факторы окружающей среды воздействуют на организм комплексно, и в зависимости от их конкретных значений вегетативные центры (полосатое тело, серый бугор промежуточного мозга) и ретикулярная формация, взаимодействуя с корой головного мозга и посылая по симпатическим во-

локнам импульсы к мышцам, обеспечивают оптимальное соотношение процессов теплообразования и теплоотдачи.

Терморегуляцией организма называется совокупность физиологических и химических процессов, направленных на поддержание температуры тела в определенных пределах (36,1...37,2 °С). Перегрев тела или его переохлаждение приводит к опасным нарушениям жизненных функций, а в некоторых случаях — к заболеваниям. Терморегуляция обеспечивается изменением двух составляющих теплообмен процессов — теплопродукции и теплоотдачи. На тепловой баланс организма существенно влияет теплоотдача, как наиболее управляемая и изменчивая.

Теплота вырабатывается всем организмом, но более всего поперечнополосатыми мышцами и печенью. Теплообразование организма человека, одетого в домашнюю одежду и находящегося в состоянии относительного покоя при температуре воздуха 15...25°С, сохраняется приблизительно на одном и том же уровне. С понижением температуры оно увеличивается, а при ее повышении с 25 до 35 °С несколько уменьшается. При температуре более 40 °С выработка теплоты начинает увеличиваться. Эти данные свидетельствуют о том, что регуляция производства теплоты в организме главным образом происходит при пониженных температурах окружающей среды.

13.2. Теплопродукция человека

Теплопродукция возрастает при выполнении физической работы, причем тем больше, чем тяжелее работа. Количество вырабатываемой теплоты зависит также от возраста и состояния здоровья человека. Усредненные значения теплопродукции взрослого человека в зависимости от температуры окружающего воздуха и тяжести выполняемой работы приведены в таблице 13.1

Таблица 13.1. Теплопродукция человека в зависимости от температуры воздуха и тяжести выполняемой работы

Температура воздуха, °С	Теплопродукция, Дж/с	Температура воздуха, °С	Теплопродукция, Дж/с
Состояние покоя		Работа средней тяжести	
10	103,7	10	332,0

18	103,7	18	334,1
28	112,1	28	354,3
35	116,2	35	359,1
45	119,7	45	354,3
Легкая работа		Тяжелая и очень тяжелая работа	
10	179,6	0	735,0
18	179,6	22	650,1
22	176,8	32	500,4
35	197,0	45	696,0
45	204,6	—	—

Различают три вида теплоотдачи организма человека:

- излучение (в виде инфракрасных лучей, испускаемых поверхностью тела в направлении предметов с меньшей температурой);
- конвекция (нагревание омывающей поверхность тела воздуха);
- испарение влаги с поверхности кожи, слизистых оболочек верхних дыхательных путей и легких.

Процентное соотношение между этими видами теплоотдачи человека, находящегося в нормальных условиях в состоянии покоя, выражается следующими цифрами: 45/30/25. Однако указанное соотношение может изменяться в зависимости от конкретных значений параметров микроклимата и тяжести выполняемой работы.

Теплоотдача излучением происходит только в том случае, когда температура окружающих предметов ниже температуры открытых участков кожи (32. ..34, 5 °С) или наружных слоев одежды (27. ..28 °С для легко одетого человека и приблизительно 24 °С для человека в зимней одежде). Основная часть излучения относится к инфракрасному диапазону с длиной волны (4. ..50) * 10-6м. При этом теряемое организмом в единицу времени количество теплоты, Дж/с (1 Дж/с = 1 Вт),

$$P_p = S\delta(T_{ч4} - T_{о4}),$$

где S — площадь поверхности тела человека, определяемая по графику (рис. 14.1), м2. Если масса и рост человека неизвестны, то принимают $S =$

$1,5\text{м}^2$; δ — приведенный коэффициент излучения, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}^4)$: для хлопчатобумажной ткани $\delta = 4,2\cdot 10^{-8}$, для шерсти и шелка $\delta = 4,3\cdot 10^{-8}$, для кожных покровов человека $\delta = 5,1\cdot 10^{-8}$; $T_{\text{ч}}$ — температура поверхности тела человека: для раздетого человека 306 К (это соответствует 33 °С); T_0 — температура окружающей среды, К.

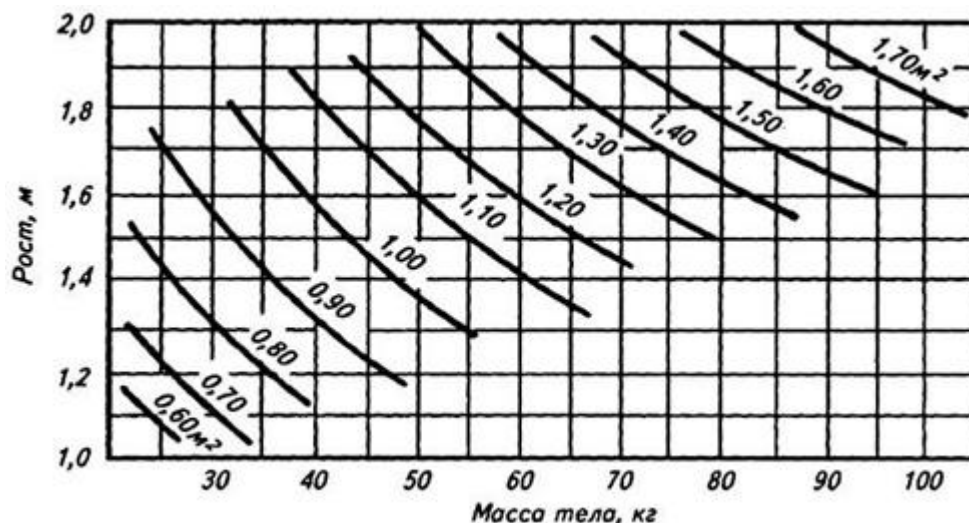


Рис. 14.1. График для определения площади поверхности тела человека в зависимости от его массы и роста

Теплоотдача конвекцией также происходит в случае, если температура поверхности кожи или верхних слоев одежды выше температуры омывающего их воздуха. При отсутствии ветра прилегающий к поверхности кожи раздетого человека слой воздуха толщиной 4...8 мм нагревается за счет его теплопроводности. Более отдаленные слои нагреваются вследствие естественного движения воздуха или принудительного побуждения. С увеличением скорости движения воздуха толщина окружающего человека пограничного слоя уменьшается до 1 мм, а теплоотдача поверхности тела возрастает в несколько раз. Потери теплоты конвекцией через дыхательные пути меньше, чем от кожного покрова, и происходят в тех случаях, когда температура вдыхаемого воздуха ниже температуры тела. Теплоотдача конвекцией повышается с ростом барометрического давления.

Приближенно потери теплоты в единицу времени конвекцией, Дж/с, можно определить по формуле

$$R_{\text{к1}} = 7(0,5 + \sqrt{v})S(T_{\text{ч}} - T_0)$$

или

$$R_{\text{к2}} = 8,4(0,273 + \sqrt{v})S(T_{\text{ч}} - T_0)$$

где v — скорость движения воздуха, м/с.

Первую формулу используют при скорости движения воздуха $v \leq 0,6$ м/с, вторую — при $v > 0,6$ м/с.

Испарение — это теплоотдача при повышенной температуре воздуха, когда указанные ранее способы теплоотдачи затруднены или невозможны. В обычных условиях на большей части поверхности тела человека происходит неощутимое потоотделение, возникающее в результате диффузии воды без активного участия потовых желез. Исключение составляют поверхности ладоней, подошв и подмышечных впадин (составляющие примерно 10 % поверхности тела), на которых пот выделяется непрерывно.

В результате испарения организм в сутки теряет в среднем около 0,6 л воды. Так как на испарение 1 г воды затрачивается приблизительно 2,5 кДж теплоты, то потери ее за сутки составят приблизительно 1500 кДж. С увеличением температуры воздуха и степени тяжести работы за счет более активного проникновения жидкости через стенки оплетающих потовые железы артериальных сосудов и нервной регуляции потоотделение усиливается, достигая за смену 5 л, а в некоторых случаях 10... 12 л. Отдача теплоты также возрастает.

При слишком интенсивном выделении пот не всегда успевает испариться и может выделяться в виде капель. В этом случае влажный слой на коже препятствует теплоотдаче, приводя в дальнейшем к перегреванию организма. Кроме влаги с потом человек теряет большое количество солей (в 1 л пота содержится 2,5...2,6 г хлорида натрия) и водорастворимых витаминов (С, В₁, В₂), что приводит к сгущению крови и ухудшению работы сердца. Следует отметить, что при потере количества воды, равного 1 % общей массы тела, у человека возникает чувство сильной жажды; утрата 5 % воды приводит к потере сознания, 10% — к смерти.

Количество выделяемого пота зависит и от индивидуальных особенностей организма, а также от степени его приспособляемости к данным климатическим условиям. На интенсивность испарения влаги влияют температура и скорость движения воздуха.

Через дыхательные пути испаряется около 300...350 г влаги в сутки, что приводит к потере 750...875 кДж теплоты.

Общие потери теплоты испарением в единицу времени, Дж/с, можно приближенно определить по формуле

$R_i = 0,6547q(1 + \kappa_l)$, где q — интенсивность выделения пота, г/ч, определяемая взвешиванием человека; κ_l — коэффициент пересчета теплоотдачи через легкие, зависящий от температуры окружающего воздуха: при 0 °С $\kappa_l = 0,43$, при 18 °С — 0,3, при 28 °С — 0,23, при 35 °С — 0,035 и при 45 °С $\kappa_l = 0,015$.

13.3. Тепловое состояние организма человека

К показателям, характеризующим тепловое состояние человека, относятся температура тела, температура поверхности кожи и ее топография, теплоощущения, количество выделяемого пота, состояние сердечно-сосудистой системы и уровень работоспособности.

Температура тела человека характеризует процесс терморегуляции организма. Она зависит от скорости потери теплоты, которая, в свою очередь, зависит от температуры и влажности воздуха, скорости его движения, наличия тепловых излучений и теплозащитных свойств одежды. Выполнение работ категорий Пб и III сопровождается повышением температуры тела на 0,3...0,5 °С. При повышении температуры тела на 1 °С начинает ухудшаться самочувствие, появляются вялость, раздражительность, учащаются пульс и дыхание, снижается внимательность, растет вероятность несчастных случаев. При температуре 39 °С человек может упасть в обморок.

Температура кожного покрова человека, находящегося в состоянии покоя в комфортных условиях, находится в пределах 32...34 °С. С повышением температуры воздуха она также растет до 35 °С, после чего возникает потоотделение, ограничивающее дальнейшее увеличение температуры кожи, хотя в отдельных случаях (особенно при высокой влажности воздуха) она может достигать 36...37 °С. Установлено, что при разности температур на центральных и периферических участках поверхности тела менее 1,8 °С человек ощущает жару; 3...5 °С — комфорт; более 6 °С — холод. При увеличении температуры воздуха также уменьшается разница между температурой кожи на открытых и закрытых участках тела.

Теплоощущения человека чаще всего оценивают по пяти- или семибалльной шкале:

по пятибалльной — "холодно", "прохладно", "комфорт", "тепло", "жарко";

по семибалльной — "очень холодно", "холодно", "прохладно", "комфорт", "тепло", "жарко", "очень жарко".

Эти ощущения человека зависят также от термического сопротивления R_t его одежды, представляющего собой отношение толщины слоя одежды (толщина хлопковых тканей колеблется в пределах 0,10...0,22 мм, а шелковых — 0,043...0,07 мм) к коэффициенту теплопроводности материала λ , из которого она сделана. Для натурального шелка $\lambda = 0,043...0,053$ Вт/(м*К), шерстяной ткани — 0,052, льняной ткани — 0,088, кожи — 0,15, для капрона $A = 0,24$ Вт/(м *К).

По семибалльной шкале тепловые ощущения человека, одетого в тонкие брюки, рубашку с длинным рукавом, легкое нижнее белье и выполняющего в

помещении не менее 3 ч легкую работу в сидячем положении, можно оценить с помощью следующей формулы:

$$B7 = 0,243t + 0,049p - 2,803,$$

где B7 — число баллов (по семибалльной шкале), соответствующее определенному теплоощущению работающего; t — температура воздуха в помещении, °C; p — парциальное давление водяных паров в воздухе, кПа.

Необходимое для расчетов по этой формуле парциальное давление паров определяют из выражения

$$p = p_{\text{НВ}}/100,$$

где $p_{\text{НВ}}$ — парциальное давление насыщенных водяных паров при данной температуре, кПа: 12,513 при 10 °C, 23,83 при 20 °C и 43,25 при 30 °C; W — относительная влажность воздуха, %.

Например, при температуре 25°C и относительной влажности 45 % число баллов

$$B7 = 0,243 \cdot 25 + 0,049 \cdot 33,54 \cdot 45/100 - 2,803 = 4,01,$$

что соответствует ощущению комфорта.

Сердечно-сосудистая система испытывает большое напряжение при выполнении тяжелой работы в условиях повышенных температур. Нарушается водный обмен, сгущается кровь, усиливается ее приток к коже и подкожной жировой клетчатке, расширяются периферические сосуды, учащается пульс и снижается артериальное давление. При одной и той же физической нагрузке частота пульса тем больше, чем выше температура окружающего человека воздуха. Работоспособность человека в значительной степени снижается при труде в условиях, сильно отличающихся от комфортных. Отрицательное влияние соответствующих параметров микроклимата на центральную нервную систему, другие органы и системы проявляется в ослаблении внимания, замедлении реакций, ухудшении координации движений, в результате чего уменьшается производительность труда и могут возникать травмы. В отдельных случаях работа при высокой температуре воздуха ведет к снижению производительности труда до 80 % по сравнению с аналогичным показателем, зафиксированным в комфортных условиях.

13.4. Мероприятия по нормализации состояния воздушной среды производственных помещений

Для нормализации температурно-влажностного режима применяют системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. При правильном выборе их типа, производительности и оптимальной конструкции условия труда на рабочих местах поддерживаются в пределах норм с минимальными затратами средств, труда и энергии.

Механизация и автоматизация производственных процессов, использование более совершенных машин и оборудования позволяют снизить время пребывания людей на рабочих местах с некомфортными параметрами микроклимата, а также ограничить или исключить контакт с вредными производственными факторами.

Чтобы предотвратить избытки теплоты в помещениях, теплоизолируют нагреваемые поверхности оборудования и устанавливают защитные экраны. Дополнительно организуют рациональный питьевой режим с целью компенсации потерь организмом влаги и солей, обеспечивая работающих в горячих цехах подсоленной и охлажденной газированной водой. Практическая реализация такого режима состоит в частом употреблении небольших количеств воды: 100... 150 мл каждые 15...20 мин. При этом следует напоминать работающим, что степень испытываемой жажды всегда меньше, чем фактические потери жидкости.

Если значения параметров микроклимата отличаются от нормативных, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты работающих. С их помощью можно предотвратить перегрев или переохлаждение организма, а также устранить неблагоприятное воздействие тепловых излучений на органы зрения.

Для профилактики отрицательного влияния дискомфортных условий труда важно спланировать рациональное чередование периодов труда и отдыха. При низких температурах, особенно в сочетании с высокой подвижностью воздуха, вводят дополнительные перерывы для обогрева работающих. Температуру в помещениях для обогрева поддерживают в пределах 22...24°C, что несколько выше значений, предусмотренных для санитарно-бытовых помещений. При выполнении работы в условиях высоких температур продолжительность дополнительных перерывов должна быть достаточна для восстановления работоспособности и процессов терморегуляции. При выработке рекомендаций для корректировки соответствующих факторов окружающей среды используют результаты медицинских осмотров, позволяющих своевременно обнаружить отклонения в состоянии здоровья работающих и выявить людей, которым противопоказана работа в условиях, отличающихся от нормальных.

Список литературы

1. Барашников Ю.М. Охрана труда в пищевой промышленности, общественном питании и торговле. - Москва: Академия, 2006. - 268 с.
2. Зазулина З.К. Производственная санитария. – Москва: Металлургия, 1968. – 688 с.

3. Коева А.И. Охрана труда для работников общественного питания. – Москва: Феникс, 2001. – 128 с.

4. Могильный М.П. Оборудование предприятий общественного питания, тепловое оборудование. – Москва: Академия, 2004. – 192 с.

5. Простова С.П. Охрана труда для работников производства. – Москва: Лик, 1990. – 523 с.

Лекция 14

Назначение и классификация производственной вентиляции. Естественная и искусственная вентиляция.

14.1. Виды систем вентиляции производственных помещений

Для поддержания требуемых параметров чистоты воздуха и параметров микроклимата производственного помещения применяют вентиляцию.

Вентиляция – это организованный воздухообмен, заключающийся в удалении из рабочего помещения загрязненного воздуха и подаче вместо него чистого воздуха. В зависимости от способа перемещения воздуха вентиляция может быть естественной или искусственной.

14.2. Естественная вентиляция.

Естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур воздуха в помещении и наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор). Естественная вентиляция может быть неорганизованной и организованной. При неорганизованной вентиляции неизвестны объемы воздуха, которые поступают и удаляются из помещения. Воздухообмен зависит от направления и силы ветра, температуры наружного и внутреннего воздуха. Организованная естественная вентиляция называется аэрацией. Для аэрации в стенах здания делают отверстия для поступления наружного воздуха, а в верхней части здания устанавливают специальные устройства (фонари) для удаления отработанного воздуха. Для обеспечения нужного воздухообмена необходимо рассчитать площади приточных и вытяжных аэрационных отверстий. Преимущества – простота, отсутствие затрат, возможность обеспечения высокой краткости воздухообмена. Недостатки – нестабильность воздухообмена, невозможность производить очистки выбрасываемого воздуха.

14.3. Искусственная вентиляция.

Искусственная (механическая) вентиляция в отличие от естественной, предоставляет возможность очищать воздух перед его выбросом в атмосферу, улавливать вредные вещества непосредственно около мест их образова-

ния, обрабатывать приточный воздух (очищать, подогревать, увлажнять) более целенаправленно подавать воздух в рабочую зону.

Общеобменная искусственная вентиляция (рис.14.1) обеспечивает создание необходимого микроклимата и чистоту воздушной среды во всем объеме рабочей зоны помещения. Она применяется для удаления избыточного тепла при отсутствии значительных токсических выделений, а также в случаях, когда характер технологического процесса и особенности производственного оборудования исключают возможность использования местной вытяжной вентиляции. Различают четыре основные схемы организации воздухообмена при общеобменной вентиляции: сверху вниз, сверху вверх, снизу вверх, снизу вниз.

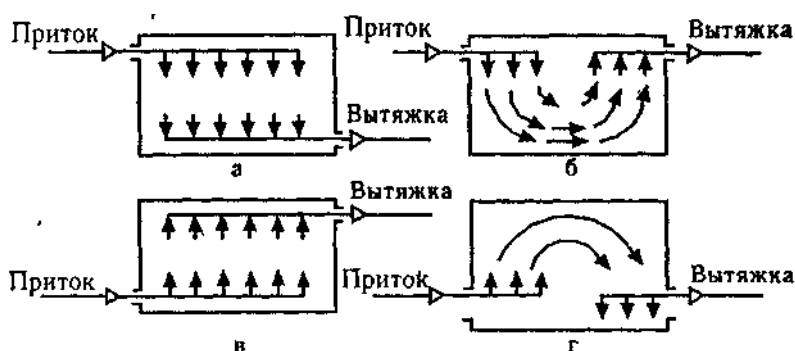


Рис. 14.1. Схема организации воздухообмена при общеобменной вентиляции

Схемы сверху вниз и сверху вверх целесообразно применять в случае, если приточный воздух в холодный период имеет температуру ниже температуры воздуха в помещении. Приточный воздух, прежде чем достичь рабочей зоны, нагревается за счет воздуха помещения. Другие две схемы рекомендуется использовать тогда, когда приточный воздух в холодный период подогревается и его температура выше температуры внутреннего воздуха.

Если в производственных помещениях выделяются газы с плотностью, превышающей плотность воздуха, то общеобменная вентиляция должна обеспечивать удаление 60% воздуха из нижней зоны помещения и 40% — из верхней. Если плотность газов меньше плотности воздуха, то удаление загрязненного воздуха осуществляется в верхней зоне.

Общеобменная приточно-вытяжная вентиляция состоит из двух установок: для подачи чистого воздуха и отвода загрязненного. Отношение этих двух потоков называют вентиляционным воздушным балансом. Этот баланс может быть уравновешенным (если приток равен вытяжке), положительным (если преобладает приток) и отрицательным (если преобладает вытяжка).

14.4. Местная вентиляция

Местная вентиляция может быть приточной и вытяжной.

Местная приточная вентиляция, при которой осуществляется концентрированная подача приточного воздуха заданных параметров (температуры, влажности, скорости движения), выполняется в виде воздушных душей, воздушных и воздушно-тепловых завес.

Воздушные души используются для предотвращения перегрева рабочих в горячих цехах, а также для образования так называемых воздушных оазисов (участков производственной зоны, которые резко отличаются своими физико-химическими характеристиками от остального помещения).

Воздушные и воздушно-тепловые завесы предназначены для предотвращения проникновения в помещения значительных масс холодного наружного воздуха при необходимости частого открывания дверей или ворот. Воздушная завеса создается струей воздуха, которая направляется из узкой длинной щели, под некоторым углом навстречу потоку холодного воздуха. Канал с щелью размещают сбоку или внизу ворот или дверей (рис. 14.2, а, б, в).

Местная вытяжная вентиляция осуществляется при помощи местных вытяжных зонтов, всасывающих панелей, вытяжных шкафов, бортовых отсосов (рис. 14.3, а, б, в, г) и других устройств.

Конструкция местного отсоса должна обеспечить максимальное улавливание вредных выделений при минимальном количестве удаляемого воздуха. Кроме того, она не должна быть громоздкой и мешать обслуживающему персоналу работать и следить за технологическим процессом. Основными факторами при выборе типа местного отсоса являются характеристика вредных выделений (температура, плотность паров, токсичность), положение рабочего при выполнении работы, особенности технологического процесса и оборудования.

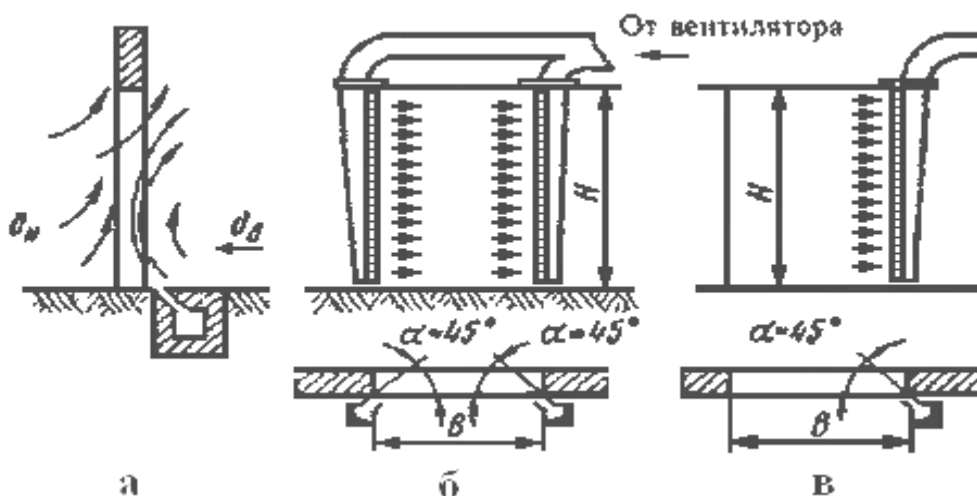


Рис. 14.2. Воздушно-тепловые завесы:

а — с нижней подачей воздуха, б — с боковой двухсторонней подачей воздуха; в — с боковой односторонней подачей воздуха

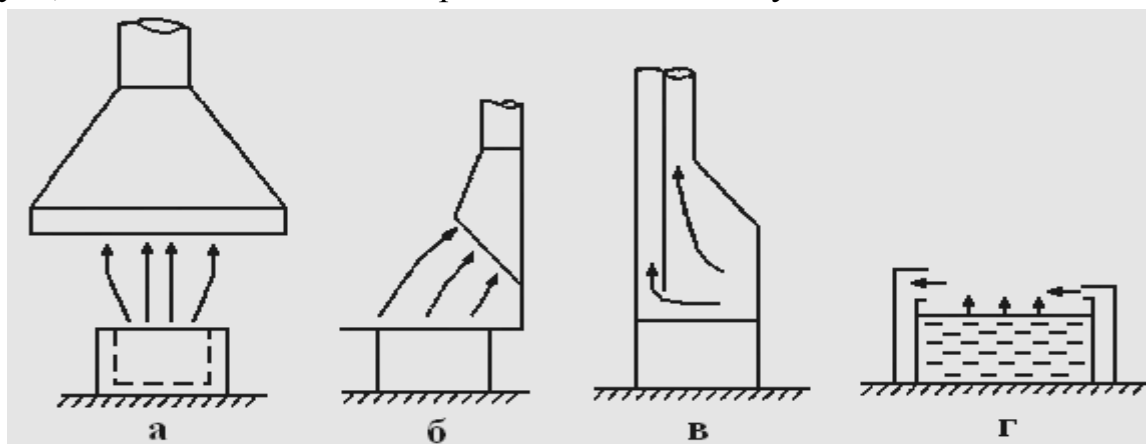


Рис 14.3. Примеры местной вытяжной вентиляции

а — вытяжной зонт, б — всасывающая панель, в — вытяжной шкаф с комбинированной вытяжкой, г — бортовой отсос с передувом

14.5. Приточная вентиляция.

Схема приточной механической вентиляции (рис. 14.4) включает воздухозаборное устройство 1; фильтр для очистки воздуха 2; воздухонагреватель (калорифер) 3; вентилятор 5, сеть воздуховодов 4 и приточные патрубки с насадками 6. Если нет необходимости в подогреве приточного воздуха, то его пропускают непосредственно в производственные помещения по обводному каналу 7.

Воздухозаборные устройства необходимо располагать в местах, где воздух не загрязнен пылью и газами. Они должны находиться не ниже 2 м от уровня земли, а от выбросных шахт вытяжной вентиляции: по вертикали — ниже 6 м и по горизонтали — не ближе 2,5 м.

Приточный воздух направляется в помещение, как правило, рассеянным потоком для чего используются специальные насадки.

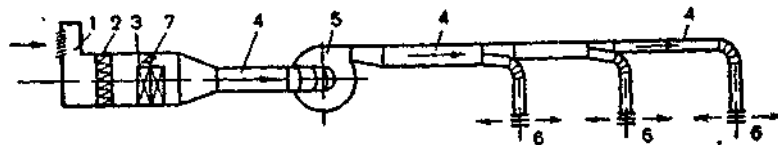


Рис. 14.4 . Схема приточной вентиляции

Вытяжная и приточно-вытяжная вентиляция.

Вытяжная вентиляция (рис. 14.5) состоит из очистительного устройства 1, вентилятора 2, центрального 3 и отсасывающих воздуховодов 4.

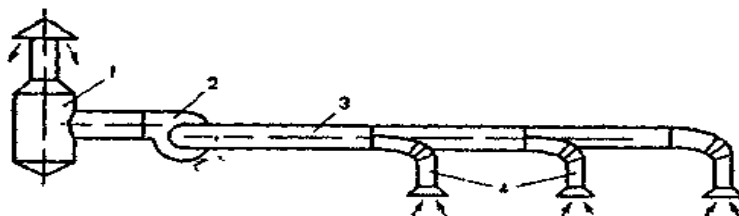


Рис14.5. Схема вытяжной вентиляции

Воздух после очистки необходимо выбрасывать на высоте не меньше чем 1 м над коньком крыши. Запрещается делать выбросные отверстия непосредственно в окнах.

В условиях промышленного производства наиболее распространена приточно-вытяжная система вентиляции с общим притоком в рабочую зону и местной вытяжкой вредных веществ непосредственно от мест их образования.

В производственных помещениях, где выделяется значительное количество вредных газов, паров, пыли вытяжка должна быть на 10% большей, чем приток, чтобы вредные вещества не вытеснялись в смежные помещения с меньшей токсичностью.

В системе приточно-вытяжной вентиляции возможно использование не только наружного воздуха, но и воздуха самих помещений после его очистки. Такое повторное использование воздуха помещений называется рециркуляцией и осуществляется в холодный период года для экономии тепла, необходимого для подогрева приточного воздуха. Однако возможность рециркуляции оговаривается целым рядом санитарно-гигиенических и противопожарных требований.

Литература

1. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук, Д.Ф. Иванчук, Р.В. Сабарно и др. – К.: Техника, 1991. – 286 с.
2. Охрана труда : учеб. для вузов / К.З.Ушаков, Б.Ф.Кирин, Н.В.Ножкин и др.; под ред. К.З. Ушакова.- М. Недра, 1986. – 624 с.
3. Гриф, Б.В. Охрана труда в угольной промышленности : учеб. пособ. для техникумов / Б.В. Гриф, С.П.Горчаков. – М.: Недра, 1988.- 350 с.
4. Александров, С.Н. Охрана труда в угольной промышленности :учеб. пособ. для студентов горн. спец. вузов /С.Н. Александров, Ю.Ф. Булгаков, В.В. Яйло; под общ. ред. Ю.Ф.Булгакова.- Донецк: РИА ДонНИИ, 2012.- 480 с.
5. Алексеев, С.П. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении / С.П. Алексеев, А.М. Казаков, Н.Н.Колотилов. - М.: Машиностроение, 1970. – 318 с.
6. Жидецкий, В.Ц. Основы охраны труда: учеб. пособ./ В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигерей, А.В.Мельников. – Львов: Афиша, 2000 – 343 с.

7. Безопасность труда на производстве: производственная санитария справ. пособ./ под ред.Б.М.Злобинского, 1969. – 668 с.
8. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Взамен ГОСТ 12.1.005-76; введ.1989-01-01. - М. : Изд-востандартов,1988.- 75с. - (Система стандартов безопасности труда).
9. СНиП П – 4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования / Госстрой СССР.- М.: Стройиздат, 1980.- 48 с.
10. СН 4088-86. Санитарные нормы микроклимата производственных помещений: утв. Минздравом СССР 31.03. 1986.- М., 1986.
11. Денисенко, Г.Ф. Охрана труда: учеб. пособ. для вузов / Г.Ф. Денисенко.- М.: Высш.школа, 1985.- 319 с.

Лекция 15

Принципы расчёта производственной вентиляции

15.1. Методы расчета систем искусственной вентиляции

Основная цель расчета общеобменных систем искусственной вентиляции — определить количество воздуха, которое необходимо подать и удалить из помещения. При расчете вентиляции в цехах, воздухообмен, как правило, определяют расчетным путем по конкретным данным о количестве вредных выделений (тепла, влаги, паров, газов)

Для цехов, где выделяются вредные вещества, воздухообмен определяют по количеству вредных газов, паров, пыли, которые поступают в рабочую зону, с целью разбавления их приточным воздухом до предельно допустимых концентраций:

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2} \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (15.1)$$

где U — количество вредных выделений в цехе, мг/ч;

k_1 , — предельно допустимая концентрация вредных выделений в воздухе цеха, мг/м³,

k_2 — концентрация вредных выделений в приточном воздухе, мг/м³.

В соответствии со СНиП $k_2 \leq k_1$.

Для помещений, где вредные выделения отсутствуют (или количество их незначительно) приток (вытяжку) воздуха можно определить по кратности воздухообмена (k) — отношения объема вентиляционного воздуха L (м³/час) к объему помещения $V_{\text{п}}$ (м³):

$$k = \frac{L}{V_n} \quad (15.2)$$

Кратность воздухообмена показывает сколько раз в течение часа необходимо поменять весь объем воздуха в данном помещении для создания нормальных условий воздушной среды. Определив по справочнику кратность воздухообмена при известном объеме помещения можно рассчитать объем приточного воздуха или вытяжки.

Для помещений, в которых отсутствуют вредные выделения и избыточное тепло и нет необходимости в создании метеорологического комфорта можно использовать формулу:

$$L = l \times n, \quad (15.3)$$

где l - минимальная подача воздуха на одного работающего в соответствии с санитарными нормами (при объеме помещения на одного работающего, до 20 м^3 – $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, а при объеме больше 20 м^3 — $20 \text{ м}^3/\text{ч}$);

n — количество работающих в помещении.

При расчете местной вытяжной вентиляции количество воздуха, удаляемое местным отсосом (зонт, панель, шкаф) можно определить по формуле:

$$L = F \times v \times 3600, (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (15.4)$$

где F — площадь сечения отверстия местного отсоса, м^2 ;

v — скорость движения удаляемого воздуха в этом отверстии (принимается от 0,5 до 1,7 м/с в зависимости от токсичности и летучести газов и паров).

Естественная и искусственная вентиляции должны отвечать следующим санитарно-гигиеническим требованиям.

— создавать в рабочей зоне помещений соответствующие нормам метеорологические условия труда (температуру, влажность и скорость движения воздуха);

— полностью удалять из помещений вредные газы, пары, пыль и аэрозоли или растворять их до предельно допустимых концентраций;

— не вносить в помещение загрязненный воздух снаружи или путем засасывания из смежных помещений;

— не создавать на рабочих местах сквозняков или резкого охлаждения;

— быть доступными для управления и ремонта в процессе эксплуатации;

— не создавать в процессе эксплуатации дополнительных неудобств (например, шума, вибраций, попадания дождя, снега)

Следует учесть, что к вентиляционным системам, установленным в пожаро- и взрывоопасных помещениях предъявляется целый ряд дополнительных требований, которые в этом разделе не рассматриваются.

15.2. Расчет воздухообмена при проектировании общеобменной вентиляции

В соответствии с санитарными нормами все производственные помещения должны вентилироваться. Необходимое количество воздуха при этом может быть определено различными методами в зависимости от назначения помещения и вида вредных выделений.

Действие общеобменной вентиляции основано на разбавлении выделяющихся вредных веществ свежим воздухом до предельно допустимых концентраций или температур. Одна из задач проектирования общеобменной вентиляции и кондиционирования состоит в том, чтобы рассчитать требуемый тепловой режим помещения. При составлении теплового и влажностного балансов помещения учитывают:

- тепловыделение работающих машин;
- тепловыделение от источников освещения;
- тепловыделение, поступающее в помещение от солнечной радиации;
- тепловыделение от людей.

15.2.1. Расчёт вентиляции производственного помещения при выделении вредных паров или газов

При выделении паров или газов в помещении необходимое количество воздуха определяют, исходя из разбавления их до допустимых концентраций. Предположим, что в помещении с внутренним объемом V (м^3) выделяются вредные пары или газы в количестве G (мг/ч). Для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда в помещение должно поступать и одновременно удаляться L ($\text{м}^3/\text{ч}$) воздуха.

1. Допуская, что вредные вещества распределяются равномерно по помещению и при длительной работе вентиляции изменения их содержания не происходит, искомое количество воздуха определяем из условия баланса поступающих в помещение и удаляемых из него вредных веществ:

$$G + Lq_{\text{пр}} = Lq_{\text{выт}},$$

где $q_{\text{пр}}$ и $q_{\text{выт}}$ – концентрация вредных веществ в приточном и удаляемом воздухе;

L – количество приточного и удаляемого воздуха, $L = G / (q_{\text{выт}} - q_{\text{пр}})$. Если наружный воздух не содержит вредных веществ, то $L = G / q_{\text{выт}}$.

Концентрация $q_{\text{выт}}$ (мг/м³) не должна превышать предельно допустимую концентрацию, т.е. $q_{\text{выт}} \leq q_{\text{ПДК}}$ (иначе будет нарушение санитарных норм), а концентрация $q_{\text{пр}}$ должна быть по возможности минимальной (тогда количество воздуха будет относительно небольшим); по санитарным нормам $q_{\text{пр}} \leq 0,3q_{\text{ПДК}}$.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, количество воздуха допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача чистого воздуха в наибольшем количестве.

В тех случаях, когда происходит одновременное выделение нескольких вредных веществ однонаправленного действия (например, различные кислоты, щелочи, спирты), расчет общеобменной вентиляции выполняют путем суммирования количеств воздуха, необходимого для разбавления каждого вещества до его предельно допустимой концентрации C при совместном действии вредных веществ (эти концентрации C меньше нормируемых $q_{\text{ПДК}}$).

Таковыми допустимыми считаются концентрации C , отвечающие формуле

$$\frac{C_1}{q_{\text{ПДК}}} + \frac{C_2}{q_{\text{ПДК}}} + \dots + \frac{C_n}{q_{\text{ПДК}_n}} \leq 1 \quad (15.5)$$

15.2.2. Расчёт вентиляции при выделении избыточного количества теплоты

1. При выделении избыточной явной теплоты количество воздуха определяют из условий ассимиляции избытков этой теплоты. Количество приточного воздуха (м³/ч)

$$L_{\text{пр}} = Q_{\text{изб}} / c_{\text{пр}} (t_{\text{выт}} - t_{\text{пр}}), \quad (15.6)$$

где $Q_{\text{изб}}$ – избыточное выделение явной теплоты, определяемое по формуле (1);

c – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1 кДж/(кг·К);

$t_{\text{выт}}$ – температура удаляемого воздуха, °С;

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха, °С.

2. Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{рз}} + \Delta t(\mathbf{H} - 2), \quad (15.7)$$

где $t_{\text{рз}}$ – температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам, т.е. $t_{\text{рз}} \leq t_{\text{доп}}$;

Δt – температурный градиент по высоте помещения, $\Delta t = 0,5 - 1,5$ °С/м;

\mathbf{H} – расстояние от пола до вытяжных проемов, м; 2 – высота рабочей зоны, м.

Температура проточного воздуха при наличии избытка явной теплоты должна быть на 5 – 8 °С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

3. Воздухообмен по теплу определяем по формуле,

$$L_{\text{пр}} = \frac{\Sigma Q_{\text{изб}}}{C\gamma(t_y - t_n)}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (15.8)$$

где $Q_{\text{изб}}$ – избыточное тепло в помещении, ккал/ч;

C – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная одному кДж/кгК;

γ – плотность приточного воздуха, кг/м³;

t_y – температура воздуха, удаляемого из цеха, °С;

t_n – температура приточного воздуха, °С.

15.2.3. Расчёт воздухообмена в помещениях с влаговыведениями

Для помещений с влаговыведениями воздухообмен определяют по избыткам влаги

$$L = \frac{G}{(d_y - d_n)\gamma}, \quad (15.9)$$

где G – масса водяных паров, выделяемых различными источниками в помещение, г/ч;

d_y – влагосодержание удаляемого из помещения воздуха, г/кг;

d_n – влагосодержание наружного (приточного) воздуха, г/кг;

γ – плотность приточного воздуха, кг/м³.

Кратность воздухообмена показывает сколько раз в течение часа необходимо поменять весь объем воздуха в данном помещении для создания нормальных условий воздушной среды. Определив по справочнику кратность воздухообмена при известном объеме помещения, можно рассчитать объем приточного воздуха или вытяжки.

15.2.4. Расчёт воздухообмена в помещениях с тепловыделениями работающих машин, механизмов, электродвигателей, источников освещения, солнечной радиации и работающих

1. Тепловыделения работающих машин, механизмов, электродвигателей, ккал/ч

$$Q_1 = N_{\text{сyt}}(1 - \eta)860/\eta, \quad (15.10)$$

где $N_{\text{сyt}}$ - установочная или номинальная мощность электродвигателя, Вт;

η - КПД электродвигателя.

2. Тепловыделение от источников освещения, ккал/ч

$$Q_2 = qE_n S, \quad (15.11)$$

где Q_2 - тепло от источников света, ккал/ч

E_n – нормированная освещенность, принятая по нормам СНиП II-4-79. «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования»;

$q=0,05$ ккал – тепло, выделяемое на 1 м² освещаемой поверхности.

3. Тепловыделение, поступающее от солнечной радиации в помещение для остекленных поверхностей, ккал/ч

$$Q_3 = F_{\text{ост}} q_{\text{ост}} A_{\text{ост}}, \quad (15.12)$$

Q_3 - тепловыделение от солнечной радиации, ккал/ч ;

$F_{\text{ост}}$ - площадь поверхности остекления, м²;

$q_{\text{ост}}$ - величина радиации через 1 м² остекления, ккал/(м²ч); солнечная радиация через остекление для широты: 35° = 20 ккал/(м² ч); для 45° = 18 ккал/(м² ч); для 55° = 15 ккал/(м² ч); и для 65° = 12 ккал/(м² ч);

$A_{\text{ост}}$ - коэффициент, зависящий от характеристики остекления:

Ниже приведены значения коэффициента $A_{\text{ост}}$:

- двойное в одной раме 1,15;
- одинарное 1,45;
- обычное загрязнение стекла 0,8;
- сильное загрязнение 0,7;
- забелка окон 0,6.

4. Тепловыделение от работающих

$$Q_4 = q_1 n \quad (15.13)$$

Q_4 - тепловыделение от работающих, ккал/ч;

q_1 - тепловыделение от одного человека в зависимости от тяжести выполняемых работ принятое по ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»;

n – количество работающих.

После расчета количества воздуха, которое должно поступать в помещение необходимо выбрать кондиционер.

15.2.5. Метод определения необходимого количества воздуха по кратности воздухообмена

Применяют для ориентировочных расчетов, когда неизвестны виды и количество выделяющихся вредных веществ. Кратность воздухообмена k (1/ч) показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении. Количество воздуха

$$L = kV \quad (15.14)$$

Величина k обычно составляет 1 -10 (большие величины для помещений небольшого объема).

Лекция 15

Принципы расчёта производственной вентиляции

15.1. Методы расчета систем искусственной вентиляции

Основная цель расчета общеобменных систем искусственной вентиляции — определить количество воздуха, которое необходимо подать и удалить из помещения. При расчете вентиляции в цехах, воздухообмен, как правило, определяют расчетным путем по конкретным данным о количестве вредных выделений (тепла, влаги, паров, газов)

Для цехов, где выделяются вредные вещества, воздухообмен определяют по количеству вредных газов, паров, пыли, которые поступают в рабочую зону, с целью разбавления их приточным воздухом до предельно допустимых концентраций:

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2} \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (15.1)$$

где U — количество вредных выделений в цехе, мг/ч;

k_1 , — предельно допустимая концентрация вредных выделений в воздухе цеха, мг/м³,

k_2 — концентрация вредных выделений в приточном воздухе, мг/м³.

В соответствии со СНиП $k_2 \leq k_1$.

Для помещений, где вредные выделения отсутствуют (или количество их незначительно) приток (вытяжку) воздуха можно определить по кратности воздухообмена (k) — отношения объема вентиляционного воздуха L (м³/час) к объему помещения $V_{\text{п}}$ (м³):

$$k = \frac{L}{V_{\text{п}}}. \quad (15.2)$$

Кратность воздухообмена показывает сколько раз в течение часа необходимо поменять весь объем воздуха в данном помещении для создания нормальных условий воздушной среды. Определив по справочнику кратность воздухообмена при известном объеме помещения можно рассчитать объем приточного воздуха или вытяжки.

Для помещений, в которых отсутствуют вредные выделения и избыточное тепло и нет необходимости в создании метеорологического комфорта можно использовать формулу:

$$L = l \times n, \quad (15.3)$$

где l - минимальная подача воздуха на одного работающего в соответствии с санитарными нормами (при объеме помещения на одного работающего, до 20 м³ — 30 м³/ч, а при объеме больше 20 м³ — 20 м³/ч);

n — количество работающих в помещении.

При расчете местной вытяжной вентиляции количество воздуха, удаляемое местным отсосом (зонт, панель, шкаф) можно определить по формуле:

$$L = F \times v \times 3600, \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (15.4)$$

где F — площадь сечения отверстия местного отсоса, м²;

v — скорость движения удаляемого воздуха в этом отверстии (принимается от 0,5 до 1,7 м/с в зависимости от токсичности и летучести газов и паров).

Естественная и искусственная вентиляции должны отвечать следующим санитарно-гигиеническим требованиям.

— создавать в рабочей зоне помещений соответствующие нормам метеорологические условия труда (температуру, влажность и скорость движения воздуха);

— полностью удалять из помещений вредные газы, пары, пыль и аэрозоли или растворять их до предельно допустимых концентраций;

— не вносить в помещение загрязненный воздух снаружи или путем засасывания из смежных помещений;

— не создавать на рабочих местах сквозняков или резкого охлаждения;

— быть доступными для управления и ремонта в процессе эксплуатации;

— не создавать в процессе эксплуатации дополнительных неудобств (например, шума, вибраций, попадания дождя, снега)

Следует учесть, что к вентиляционным системам, установленным в пожаро- и взрывоопасных помещениях предъявляется целый ряд дополнительных требований, которые в этом разделе не рассматриваются.

15.2. Расчет воздухообмена при проектировании общеобменной вентиляции

В соответствии с санитарными нормами все производственные помещения должны вентилироваться. Необходимое количество воздуха при этом может быть определено различными методами в зависимости от назначения помещения и вида вредных выделений.

Действие общеобменной вентиляции основано на разбавлении выделяющихся вредных веществ свежим воздухом до предельно допустимых концентраций или температур. Одна из задач проектирования общеобменной вентиляции и кондиционирования состоит в том, чтобы рассчитать требуемый тепловой режим помещения. При составлении теплового и влажностного балансов помещения учитывают:

- тепловыделение работающих машин;
- тепловыделение от источников освещения;
- тепловыделение, поступающее в помещение от солнечной радиации;
- тепловыделение от людей.

15.2.1. Расчёт вентиляции производственного помещения при выделении вредных паров или газов

При выделении паров или газов в помещении необходимое количество воздуха определяют, исходя из разбавления их до допустимых концентраций. Предположим, что в помещении с внутренним объемом V (м^3) выделяются вредные пары или газы в количестве G (мг/ч). Для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда в помещение должно поступать и одновременно удаляться L ($\text{м}^3/\text{ч}$) воздуха.

2. Допуская, что вредные вещества распределяются равномерно по помещению и при длительной работе вентиляции изменения их содержания не происходит, искомое количество воздуха определяем из условия баланса поступающих в помещение и удаляемых из него вредных веществ:

$$G + Lq_{\text{пр}} = Lq_{\text{выт}},$$

где $q_{\text{пр}}$ и $q_{\text{выт}}$ – концентрация вредных веществ в приточном и удаляемом воздухе;

L – количество приточного и удаляемого воздуха, $L = G / (q_{\text{выт}} - q_{\text{пр}})$. Если наружный воздух не содержит вредных веществ, то $L = G/q_{\text{выт}}$.

Концентрация $q_{\text{выт}}$ (мг/м^3) не должна превышать предельно допустимую концентрацию, т.е. $q_{\text{выт}} \leq q_{\text{ПДК}}$ (иначе будет нарушение санитарных норм), а концентрация $q_{\text{пр}}$ должна быть по возможности минимальной (тогда количество воздуха будет относительно небольшим); по санитарным нормам $q_{\text{пр}} \leq 0,3q_{\text{ПДК}}$.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, количество воздуха допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача чистого воздуха в наибольшем количестве.

В тех случаях, когда происходит одновременное выделение нескольких вредных веществ однонаправленного действия (например, различные кислоты, щелочи, спирты), расчет общеобменной вентиляции выполняют путем суммирования количеств воздуха, необходимого для разбавления каждого вещества до его предельно допустимой концентрации C при совместном действии вредных веществ (эти концентрации C меньше нормируемых $q_{\text{ПДК}}$).

Таковыми допустимыми считаются концентрации C , отвечающие формуле

$$\frac{C_1}{q_{пдк}} + \frac{C_2}{q_{пдк}} + \dots + \frac{C_n}{q_{пдкn}} \leq 1 \quad (15.5)$$

15.2.2. Расчёт вентиляции при выделении избыточного количества теплоты

1. При выделении избыточной явной теплоты количество воздуха определяют из условий ассимиляции избытков этой теплоты. Количество приточного воздуха (м³/ч)

$$L_{пр} = Q_{изб} / c_{рпр} (t_{выт} - t_{пр}), \quad (15.6)$$

где $Q_{изб}$ – избыточное выделение явной теплоты, определяемое по формуле (1);

c – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1 кДж/(кг·К);

$t_{выт}$ – температура удаляемого воздуха, °С;

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, °С.

2. Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле

$$t_{выт} = t_{рз} + \Delta t (H - 2), \quad (15.7)$$

где $t_{рз}$ – температура в рабочей зоне, которая не должна превышать допустимую по нормам, т.е. $t_{рз} \leq t_{доп}$;

Δt – температурный градиент по высоте помещения, $\Delta t = 0,5 - 1,5$ °С/м;

H – расстояние от пола до вытяжных проемов, м; 2 – высота рабочей зоны, м.

Температура проточного воздуха при наличии избытка явной теплоты должна быть на 5 – 8 °С ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

3. Воздухообмен по теплу определяем по формуле,

$$L_{пр} = \frac{\Sigma Q_{изб}}{C \gamma (t_y - t_n)}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (15.8)$$

где $Q_{изб}$ – избыточное тепло в помещении, ккал/ч;

C – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная одному кДж/кгК;

γ – плотность приточного воздуха, кг/м³;

t_y - температура воздуха, удаляемого из цеха, °С;
 t_n - температура приточного воздуха, °С.

15.2.3. Расчёт воздухообмена в помещениях с влаговыведениями

Для помещений с влаговыведениями воздухообмен определяют по избыткам влаги

$$L = \frac{G}{(d_y - d_n)\gamma}, \quad (15.9)$$

где G - масса водяных паров, выделяемых различными источниками в помещение, г/ч;

d_y - влагосодержание удаляемого из помещения воздуха, г/кг;

d_n - влагосодержание наружного (приточного) воздуха, г/кг;

γ - плотность приточного воздуха, кг/м³.

Кратность воздухообмена показывает сколько раз в течение часа необходимо поменять весь объем воздуха в данном помещении для создания нормальных условий воздушной среды. Определив по справочнику кратность воздухообмена при известном объеме помещения, можно рассчитать объем приточного воздуха или вытяжки.

15.2.4. Расчёт воздухообмена в помещениях с тепловыделениями работающих машин, механизмов, электродвигателей, источников освещения, солнечной радиации и работающих

4. Тепловыделения работающих машин, механизмов, электродвигателей, ккал/ч

$$Q_1 = N_{\text{сyt}}(1 - \eta)860/\eta, \quad (15.10)$$

где $N_{\text{сyt}}$ - установочная или номинальная мощность электродвигателя, Вт;

η - КПД электродвигателя.

5. Тепловыделение от источников освещения, ккал/ч

$$Q_2 = qE_n S, \quad (15.11)$$

где Q_2 - тепло от источников света, ккал/ч

E_n – нормированная освещенность, принятая по нормам СНиП II-4-79. «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования»;

$q=0,05$ ккал – тепло, выделяемое на 1 м² освещаемой поверхности.

6. Тепловыделение, поступающее от солнечной радиации в помещение для остекленных поверхностей, ккал/ч

$$Q_3 = F_{\text{ост}} q_{\text{ост}} A_{\text{ост}}, \quad (15.12)$$

Q_3 - тепловыделение от солнечной радиации, ккал/ч ;

$F_{\text{ост}}$ - площадь поверхности остекления, м²;

$q_{\text{ост}}$ - величина радиации через 1 м² остекления, ккал/(м²ч); солнечная радиация через остекление для широты: 35° = 20 ккал/(м² ч); для 45° = 18 ккал/(м² ч); для 55° = 15 ккал/(м² ч); и для 65° = 12 ккал/(м² ч);

$A_{\text{ост}}$ - коэффициент, зависящий от характеристики остекления:

Ниже приведены значения коэффициента $A_{\text{ост}}$:

- двойное в одной раме 1,15;
- одинарное 1,45;
- обычное загрязнение стекла 0,8;
- сильное загрязнение 0,7;
- забелка окон 0,6.

4. Тепловыделение от работающих

$$Q_4 = q_1 n \quad (15.13)$$

Q_4 - тепловыделение от работающих, ккал/ч;

q_1 - тепловыделение от одного человека в зависимости от тяжести выполняемых работ принятое по ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»;

n – количество работающих.

После расчета количества воздуха, которое должно поступать в помещение необходимо выбрать кондиционер.

15.2.5. Метод определения необходимого количества воздуха по кратности воздухообмена

Применяют для ориентировочных расчетов, когда неизвестны виды и количество выделяющихся вредных веществ. Кратность воздухообмена к (1/ч) показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении. Количество воздуха

$$L = kV \text{ (13)} \quad (15.14)$$

Величина k обычно составляет 1 -10 (большие величины для помещений небольшого объема).

Лекция 16

Конструктивное исполнение вентиляционных устройств

16.1. Классификация и типы вентиляционных устройств

При всем многообразии систем вентиляции, обусловленном назначением помещений, их можно классифицировать по следующим основным признакам:

- назначение (приточные и вытяжные),
- сфера действия (местные и общеобменные),
- способ перемещения воздуха (с естественным и механическим побуждением),
- конструктивные особенности (канальные и бесканальные),
- конструкция элементов системы (наборная и моноблочная).

По конструктивному исполнению — канальная и бесканальная вентиляция

По конструктивному исполнению системы вентиляции разделяют:

— на канальные системы, которые имеют разветвленную сеть воздуховодов для перемещения воздуха,

— и бесканальные системы, в которых каналы (воздуховоды) отсутствуют, например, при установке вентиляторов в стене, перекрытиях, при естественной вентиляции и т. д.

По конструкции элементов системы — наборная и моноблочная система вентиляции

Наборная система вентиляции собирается из отдельных компонентов — вентилятора, глушителя, фильтра, системы автоматики и т. д. Такая система обычно размещается в отдельном помещении — венткамере или за подвесным потолком (при небольшой производительности). Достоинством

наборных систем является возможность вентиляции любых помещений — от небольших квартир и офисов до торговых залов супермаркетов и целых зданий. При установке сборной системы вентиляции необходимо проведение профессионального расчета и проектирования. Сборная система имеет большие габариты; но и большие возможности производительности, чем моноблочная.

В моноблочной системе вентиляции все компоненты размещаются в едином шумоизолированном корпусе. Моноблочные системы бывают приточные и приточно-вытяжные. Приточно-вытяжные моноблочные установки могут иметь встроенный рекуператор для экономии электроэнергии.

Моноблочные системы вентиляции имеют ряд преимуществ перед наборными системами:

- Поскольку все компоненты расположены в шумоизолированном корпусе, уровень шума моноблочных приточных установок заметно ниже, чем в наборных системах. Благодаря этому моноблочные системы небольшой производительности можно размещать в жилых помещениях, в то время как наборные системы, как правило, требуется устанавливать в подсобных помещениях или в специально обустроенных вентиляционных камерах.

- Функциональная законченность и сбалансированность. Все элементы приточной установки подбираются, тестируются и отлаживаются для совместной работы на этапе производства, поэтому моноблочные системы обладают максимально возможной эффективностью.

- Небольшие габариты. Например, моноблочная приточная вентиляционная система производительностью до 500 куб. м в час выполняется в прямоугольном корпусе высотой всего 22 см.

- Простой и недорогой монтаж. Установка моноблочной приточной установки занимает несколько часов и требует минимального количества расходных материалов.

Механическая вентиляция от компании Эксивент «Компания Эксивент» — системы вентиляции, промышленная вентиляция, приточная вентиляция, вытяжная вентиляция, приточно-вытяжная вентиляция, вентиляционное оборудование. «Компания Эксивент» специализируется на разработке и создании систем вентиляции, полный комплекс работ на объектах любой сложности. Специалисты «Компания Эксивент», имеющие многолетний опыт работы в области инженерного проектирования, подбора и монтажа, технического обслуживания и модернизации систем вентиляции, готовы оказать услуги в разработке систем вентиляции на базе высококачественного оборудования всемирно известных торговых.

16.2. Конструктивное оформление аэрационных устройств

К конструктивным элементам, предусматриваемым в здании для аэрации воздуха, относятся приточные проемы, а также проемы и устройства для удаления воздуха (аэрационные фонари, дефлекторы, шахты).

Для осуществления подачи воздуха в помещение обычно используют открывающуюся часть его окон. В некоторых помещениях (с большими избытками тепла) для аэрационного притока устраивают специальные отверстия в наружных стенах, закрываемые непрозрачными створками, клапанами.

Для притока воздуха в теплое время года используют аэрационные отверстия, расположенные в нижней части стен (низ оконного проема). В этот период аэрация помещения наиболее эффективно осуществляется через отверстия, находящиеся непосредственно напротив рабочих мест. Для предотвращения загрязнения (или нагрева) приточной струи верхнюю кромку отверстия для притока следует располагать не выше 3—3,5 м над уровнем пола.

В холодный период года струю приточного воздуха направляют в зону, удаленную от рабочих мест. При этом низ отверстия для притока должен находиться не ниже 4—6 м над уровнем пола. В связи с этим в холодное время года для притока используют верхний ряд створок

Используются створки: в окне с двойным остеклением для притока в нижнюю зону помещения (летом), то же, в верхнюю зону (зимой); створки в окне с одинарным остеклением для притока; то же самое - для вытяжки; среднеподвесная створка в окне с одинарным остеклением для вытяжки.

Для высоких окон используются аэрационные отверстия, расположенные в верхней части стен.

Створки для подачи воздуха в помещение обычно подвешивают на горизонтальной оси.

Створки, используемые для притока в теплый период года, как правило, бывают двойными. Обе створки верхнеподвесные, но одна открывается наружу, а другая — внутрь. Створки, используемые для притока в холодный период года, располагают так, чтобы направить поток воздуха вверх.

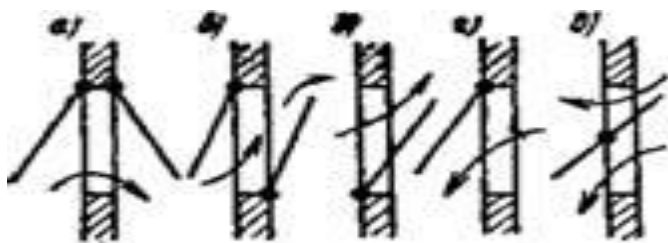
Регулирование аэрационного притока осуществляют изменением угла открытия створок (максимум 45°С). Для управления створками устраивают специальные системы механических передач (блочки, рычажные механизмы). В некоторых производствах регулировку аэрационным процессом автоматизируют.

Вытяжные проемы. Размещать вытяжные проемы наиболее целесообразно над источниками тепла. В зависимости от конструкции здания аэрационная вытяжка осуществляется либо через верхний ряд оконных створок,

либо через проемы в аэрационных фонарях. Створки, подвешенные на горизонтальной оси (верхне - или среднеподвесные), открываются так, чтобы предотвратить попадание в помещение атмосферных осадков. В аэрационных фонарях створки могут быть подвешены и на вертикальной оси. Управление створками вытяжных и приточных проемов аналогично.

Для помещений с сильно загрязненной верхней зоной (дымовые и прочие газы, нагретый воздух и т. д.) представляет опасность «опрокидывание» вытяжки. От порыва ветра вытяжное отверстие, расположенное с наветренной стороны здания, начинает работать на приток. Струя воздуха, ворвавшаяся через это отверстие, разносит вредные выделения по помещению и загрязняет рабочую зону. Для предотвращения «опрокидывания» — явления, иногда опасного для здоровья людей, вытяжные отверстия устраивают в фонарях специальной конструкции, называемых незадуваемыми. Особенность этих фонарей состоит в том, что расположенные в них вытяжные отверстия всегда находятся в зоне разрежения, создаваемого ветром. Усиление ветра только увеличивает вытяжку через открытые проемы незадуваемых фонарей.

Рис. 16.1. Незадуваемые фонари



а — с ветроотбойными щитами; б — конструкции МИОТ; в — конструкции проф В. В. Батурина; 1 — перекрытие фонаря; 2 — створка вытяжного отверстия; 3 — ветроотбойный щит.

Простейшим видом незадуваемого фонаря является обычный фонарь с ветроотбойными щитами (рис. 16.1, а). В дальнейшем эта конструкция была усовершенствована в институте Промстройпроект в Ленинграде. Незадуваемый фонарь, разработанный в Московском институте охраны труда (рис. 16, б), требует некоторого эксплуатационного регулирования с перестановкой отдельных створок (возможные положения их показаны пунктиром). Незадуваемый фонарь, предложенный В. В. Батуриным (рис. 16, в), получил широкое распространение благодаря простоте устройства и надежности. В этом фонаре остекление не затеняется и максимально используется для ос-

вещения внутренних пролетов здания, т. е. фонарь выполняет свое прямое назначение, давшее ему его название.

Вытяжные шахты, дефлекторы.

Для удаления воздуха из цехов, не имеющих фонаря, в их перекрытиях устраивают вытяжные шахты с естественным побуждением движения воздуха. Конструктивное выполнение шахт зависит от назначения здания, технологии производства, а также внутренних и внешних климатических факторов. Шахты могут быть утепленными или неутепленными, квадратного или круглого сечения, могут быть снабжены зонтом или дефлектором. Через вытяжную шахту может удаляться воздух вентиляции общеобменной или местной.

При расчетах воздушного режима помещения (инфильтрации и аэрации) вытяжные шахты учитывают как обычные отверстия.

В некоторых случаях действие ветра ухудшает работу вытяжных шахт. Поэтому для помещений с незначительными избытками тепла рекомендуется устанавливать на шахте дефлектор. Назначение и принцип действия дефлектора аналогичны назначению и принципу действия незадуваемого фонаря. В дефлекторе также используется энергия набегающего ветра для создания разрежения у устья шахты, что усиливает вытяжку из помещения.

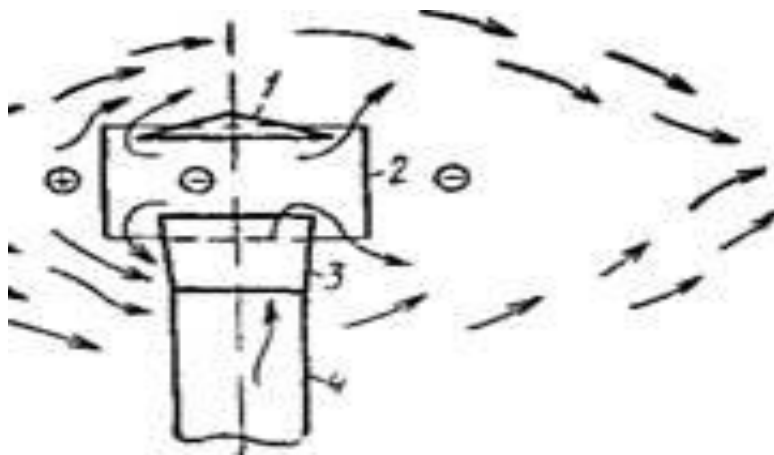
Широкое применение находят дефлекторы при устройстве вентиляции в жилых и общественных зданиях (административных, зрелищных, спортивных), в сельскохозяйственных зданиях и сооружениях (хранилища, животноводческие помещения), на предприятиях многих отраслей промышленности, в транспортных средствах (железнодорожные вагоны, автобусы, суда и т. д.).

Схема дефлектора и потоков воздуха, обтекающих его, показана на рис. XVII 1.7.

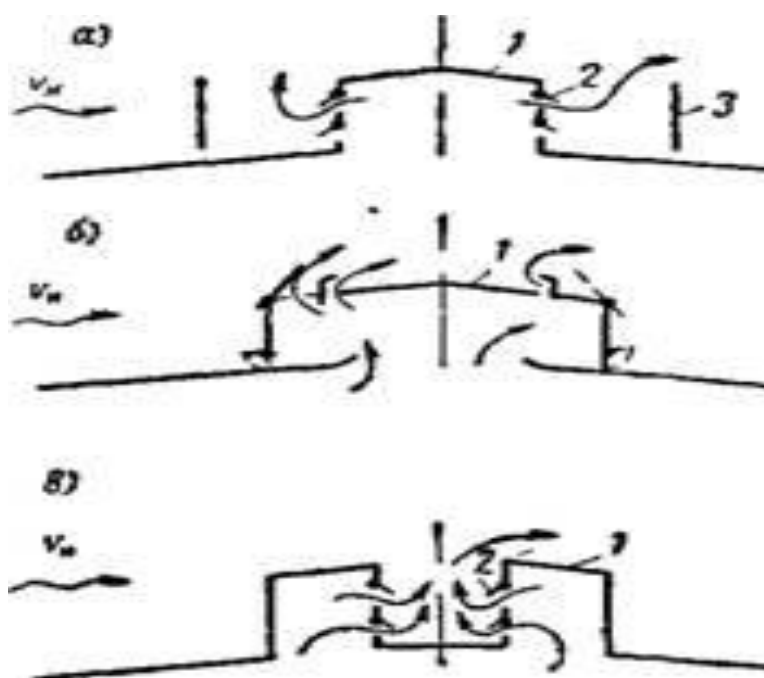
Виды дефлекторов весьма разнообразны. В основном они различаются конструкцией корпуса. Эффективность работы дефлектора зависит от его формы и высоты расположения. Чем большее сопротивление оказывает корпус дефлектора потоку воздуха, тем большее разрежение создает дефлектор.

Для зданий, расположенных в районах с постоянными ветрами, а также для транспортных средств при проектировании вентиляции через шахты с дефлекторами учитывается действие ветра и разрежение, создаваемое им.

Рис. 1 6.2. Дефлектор



1—зонт дефлектора; 2 — корпус дефлектора; 3 — диффузор; 4 — вытяжная шахта; знаки «+» и «—» обозначают соответственно зоны избыточного давления и разрежения



Аэродинамический коэффициент дефлектора $\xi_{\text{аэр. д}}$ зависит от его конструкции и расхода воздуха, проходящего через шахту. Аэродинамические характеристики типовых дефлекторов приведены в справочной литературе.

Для вентиляционных систем большинства объектов, расположенных в районах с обычным климатом, при подборе сечения вытяжных шахт дефлек-

тор учитывают как местное сопротивление, так как расчет проводят на худший случай— штиль. Для этих систем главное назначение дефлектора — предотвратить «опрокидывание» или уменьшение вытяжки. Номер дефлектора, соответствующий длине стороны или диаметру шахты в дециметрах, определяют по размеру шахты, на которой его устанавливают.

Лекция 17

Очистка воздуха от пыли и вредных химических веществ.

Кондиционирование воздуха

17.1. Общая характеристика вредных факторов в производственных помещениях

Понятие о токсичности выделяющихся в помещении газов и паров вредных веществ связано с их опасным действием на организм человека. Вредные для здоровья вещества носят название промышленных ядов; сюда же относятся и токсичная пыль. Ядами называют вещества, которые, попадая в организм человека в небольших количествах, приводят к заболеваниям и отравлениям. Отравления бывают острыми и хроническими. Острые отравления возникают в результате поступления в организм человека в течение короткого периода относительно больших количеств яда. Хронические отравления возникают в результате поступления в организм человека относительно небольших количеств яда в течение сравнительно длительного периода. В производственных условиях яды могут проникать в организм человека через органы дыхания, пищеварительный тракт и кожу.

Газы и пары вредных веществ делятся на две основные группы: 1 — химически нереагирующие газы и пары, которые не вступают в реакцию с клетками организма человека и не изменяются в нем; 2 — химически реагирующие газы и пары.

Токсичность вещества зависит от его химической структуры, физических свойств и агрегатного состояния.

Газы и пары вредных веществ выделяются в воздух производственных помещений при химических реакциях, испарении жидких растворов с открытых поверхностей, испарении летучей части лакокрасочных материалов с окрашенных поверхностей, прорыве через различные неплотности аппаратуры и коммуникационных трубопроводов, сжигании топлива, выхлопе газов от двигателей внутреннего сгорания автомобилей, отборе проб из химических аппаратов, загрузке и выгрузке материалов и изделий из аппаратов и в других случаях.

Газы и пары вредных веществ могут легко переноситься потоками перемещающегося по помещению воздуха от мест их выделения в места, где источники вредных выделений отсутствуют. Содержание вредных веществ в воздухе производственных помещений на различных участках крайне неравномерно и зависит от мощности, мест и плотности расположения источников их выделения, от мест расположения приточных и вытяжных отверстий систем вентиляции к от характера циркуляции воздушных потоков в помещении. Газы и пары вредных веществ могут распространяться по помещению и вследствие диффузии.

Пыль выделяется в воздух производственных помещений в результате различных технологических процессов. Выделение пыли происходит в цехах предприятий текстильной, горнорудной, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей, зерноперерабатывающей и других отраслей промышленности. При этом пыль может в больших количествах попадать в атмосферу, загрязняя воздушную среду.

По действию на организм человека различают ядовитую пыль (свинцовая, ртутная и пр.) и неядовитую (песчаная, асбестовая и пр.). Неядовитая пыль при длительном вдыхании может вызывать у человека различные легочные заболевания под названием пневмокониозы (силикоз, асбестоз и др.).

Пыли как органического, так и неорганического происхождения, образующиеся при размельчении горючих материалов, взрывоопасны вследствие очень развитой суммарной поверхности пылевых частиц по сравнению с поверхностью вещества, из которого они получены. К таким пылям относятся мучная, угольная, табачная, сахарная и др.

Взрывоопасность пыли зависит от размеров пылевых частиц. Например, очень взрывоопасна угольная пыль при размерах частиц 75 мкм. Та же угольная пыль при размерах частиц 10 мкм и менее имеет пониженную взрывоопасность благодаря быстрому окислению пылевых частиц и способности их свертываться в хлопья. Каждая взрывоопасная пыль имеет свои пределы взрывоопасных концентраций.

Некоторые пыли способны воспламеняться при температуре 205°C. Эти же пыли при концентрации 68 мг/м³ и выше взрывоопасны.

Пыль, выделяющаяся в производственных помещениях, оказывает вредное воздействие не только на организм человека, но и на технологический процесс, часто ухудшая его и приводя к износу оборудования.

17.2. Методы и способы промышленной очистки воздуха при эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования.

Очистка воздуха в системах кондиционирования и вентиляции - это один из важнейших процессов обработки приточного воздуха, который, в свою очередь, поступает из окружающей нашу планету воздушной оболочки. К сожалению, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу привели к тому, что исходная объемно-массовая концентрация вредных соединений неорганических веществ в крупных городских и промышленных центрах стала достигать критических величин.

Для уменьшения процентной концентрации вредных веществ в воздухе компания-установщик **системы вентиляции** в обязательном порядке включает в ее состав механические устройства для очистки воздуха от пыли, шлаков, продуктов работы двигателей внутреннего сгорания и других отягчающих воздушную среду опасных включений.

Наиболее токсичными с точки зрения воздействия на человеческий организм являются оксиды азота, поступающие в атмосферу из выхлопных труб авто- и мототехники. Медленное, но неотвратимое отравление токсинами ожидает практически каждого жителя такого мегаполиса, как Москва, и особенно ее центра, где скученность машин в транспортных пробках не оставляет никаких шансов на получение хотя бы малой толики свежего воздуха, насыщенного кислородом и озоном, а не оксидами серы и соединениями полициклических углеводородов, вызывающих рак кожных покровов и внутренних органов.

Современные способы очистки воздуха с помощью приборов, установленных в вентиляционных каналах и дымоходах, в **приточных** и рекуперационных системах, позволяют радикально и качественно изменить химический и газовый состав воздуха, главный и решающий вклад в загрязнение которого вносят легковые автомобили и крупногабаритные грузовики и фуры дальнотойщиков, которые, стоя в заторах на МКАДе и центральных магистралях города, создают кольцо токсичности вокруг нашей столицы. Отменить пассажиропоток и грузоперевозки в стране мы не в силах, а вот установить в своем жилище или на работе систему **вентиляции** с воздухоочистными приборами - это в нашей власти.

Очистка воздуха от пыли и газоочистка осуществляются путем использования вентиляционных пылеулавливающих и газоулавливающих установок и агрегатов. Системы климатизации и вентиляции производственных и жилых помещений, согласно требованиям санитарных норм и правил, должны обеспечивать уровень концентрации пыли в пределах 0,15 миллиграммов на один кубический метр. Предусматривается также очистка и дезодорация газозагрязненного воздуха, в котором превышено предельное содержание пыли (как токсичного, так и нетоксичного характера).

Выбор аппаратуры пылеулавливания и очистки газов в **установках вентиляции** полностью зависит от характера и предназначения кондиционируемого помещения. Соответственно, эффективность и технология пылеулавливания определяются проектировщиком на этапе **расчета вентиляции** как для производственных, так и для жилых помещений. К основным аппаратам пылеулавливания относятся:

- пористые фильтры (насыпные и набивные, тканевые и бумажные, сетчатые и ячейковые, масляные и электрические);
- пылеуловители (циклонные, ротационные и центробежные), дымососы, стружкоотсосы;

Промышленные пористые фильтры очистки воздуха в системах вентиляции и аспирации имеют ограниченный срок службы, зависящий от пылеемкости фильтрационной ткани (бумаги, волокна, гравия и т.д.). Кроме того, имеет большое значение степень концентрации пыли в воздухе.

17.2. Химический и дисперсионный состав производственной пыли.

Любая фирма, занимающаяся изготовлением и установкой **систем вентиляции и кондиционирования**, в своей производственной деятельности обязана учитывать, каким образом будет осуществляться контроль за соблюдением экологических нормативов качества атмосферного воздуха, подаваемого проектируемой вентиляционной системой. Использование правильных методов оценки качества как приточного, так и рециркуляционного воздуха, дает возможность реально оценить степень промышленной, биологической, бактериальной, микробной и пылевой загрязненности воздуха с применением комплексных комплексных оценок и нормативов.

В каждом конкретном помещении требуется тщательный анализ и расчет химического состава пыли. Так, на промышленном предприятии может образовываться пыль, связанная с характером производственных и технологических процессов. Например, на заводе по выработке алюминия непременно возникнет необходимость в вентиляционных приборах, улавливающих и устраняющих коксовую пыль. Особенно важно учитывать степень токсичности пыли, так как практически все ее виды, выделяемые на производствах, высокотоксичны и в больших концентрациях способны вызвать острое отравление организма человека.

Сюда относится и состав пыли цементного производства, и электроплавильных комбинатов, и пыль из абразивных частиц в цехах металлообработки, и каменноугольная пыль в забоях шахтерских предприятий. Список производств, способных спровоцировать интоксикацию организма отравляющими веществами, практически бесконечен. Константы отравляющих веществ,

выделяемых в атмосферу фабрик и заводов, могут быть представлены как в виде газа, так и в виде пара.

Сюда относятся и альдегиды, и аминсоединения, и бензины, и меркаптаны, и нитросоединения ароматического ряда, и фенолы, и соединения фосфора. Очистка воздуха фильтрами промышленной вентиляции обеспечивает освобождение атмосферной среды от аэрозолей, аммиака, табачного дыма, кислот и других небезопасных соединений, появляющихся в процессе изготовления той или иной продукции массового потребления или переработки сырья.

17.3. Домашняя вентиляция как система очистки воздуха в квартире.

Химический анализ состава домашней пыли, кажущейся на первый взгляд совершенно безобидной, при внимательном рассмотрении заставляет о многом задуматься. Если рассмотреть в микроскоп содержимое самой обычной домашней пыли, то мы сможем обнаружить там и пылевых клещей-сапрофитов, и сильные бытовые аллергены, и самые разнообразные редуценты, и волосы людей и животных, и кусочки эпидермиса (отпавших чешуек кожи человека), и даже (не к столу будет сказано) фекалии домашних животных (муравьев, тараканов, клопов и т.п.). Все это "добро" успешно поднимается в воздух, который мы с вами вдыхаем, а потом судорожно ищем специалистов по лечению аллергии, полученной от клещей, размножающихся в домашней пыли.

Вентиляция в жилых помещениях позволяет очистить вдыхаемый воздух от всех вышеперечисленных примесей биологического, механического и химического происхождения путем полной его замены на новый, попутно решая задачу поддержания нормальной температуры и влажности воздуха в квартире. Основным методом очищения воздуха от пыли - использование вентиляционных фильтров, поглощающих не только частицы вредных соединений, но и лишние запахи.

В фильтрах вентиляции происходят три основных процесса обработки воздуха: грубая, средняя и тонкая очистка. Такая трехступенчатая схема очистки воздуха позволяет задерживать как крупные частицы пыли, так и ее мельчайшие фракции.

Установку в квартире вентиляционно-аспирационной системы очистки и обеззараживания воздуха настоятельно рекомендуют врачи-гигиенисты, справедливо считая ее основой санитарно-гигиенического "здоровья" жилого помещения. Если ваша "семейная экономика" позволяет выделить средства

на благоустройство микроклимата вашего жилища, то лучше всего сделать это на этапе строительства или капитального ремонта дома.

17.4. Очистка воздуха в системах кондиционирования промышленных предприятий.

Любая приточно-вытяжная вентиляция, работающая на производствах, связанных с выделением в атмосферу токсичных и других продуктов промышленного процесса, должна иметь в своем составе аппараты для очистки воздуха. В первую очередь это относится к предприятиям черной и цветной металлургии, строительного бизнеса, к заводам по производству силикатного кирпича и других стройматериалов, минеральных удобрений и пищевых продуктов. Во всех этих и многих других случаях вентиляционные системы промышленных предприятий обязаны иметь надежные устройства очистки воздуха как фильтровального, так и безфильтрового типа.

Цена установки и использования систем очистки воздуха с применением вентиляционных промышленных фильтров во много раз меньше той, которую предприниматель заплатит за потерю здоровья работника или ценных производственных станков и оборудования в случае несоблюдения санитарно-гигиенических требований к составу воздуха. Основными методами очистки воздуха на промышленных предприятиях являются сорбация и фильтрация.

При разработке системы вентиляции обязательно учитывается класс очистки воздуха, как приточного, так и вытяжного. Так, например, поступающий с улицы атмосферный состав, а также вторично используемый (рециркуляционный) воздух пропускают через установки тонкой очистки, а выбрасываемый наружу (утилизационный) воздух очищают в устройствах грубой механической очистки, технические требования к которым устанавливают строго определенные нормы выброса в атмосферу токсикогенных и других агрессивных сред, которые производятся предприятиями, выпускающими лекарственные препараты, химические и лакокрасочные материалы и другую продукцию со сходной ассортиментной матрицей.

17.5. Фильтры и пылеуловители в системах очистки воздуха предприятий.

Наиболее часто в пористых фильтрах систем вентиляции применяются целлюлознобумажные и биоволокнистые массы, а также асбестовые материалы и порошки. Эти наполнители фильтров позволяют системам кондиционирования воздуха задерживать практически до ста процентов средне- и крупнофракционных частичек пыли и загрязнителей, а также химически агрессивных или взрывоопасных соединений. Для сверхэффективной очистки

воздуха, требующейся в стерильных средах и помещениях (больницы, предприятия фармацевтики и т.п.), незаменимы фильтры тонкой очистки воздуха, результатом работы которых является остаточная концентрация загрязненности в пределах трех миллиграммов пыли на один кубический метр воздушного объема.

Приборы вентиляционной очистки воздуха нефильтрационного типа включают в себя сухие и влажные, инерционные и вихревые пылеуловители, ротационные пылеотделители, а также циклоны и пылеосадочные камеры. В очистные линии систем вентиляции включают также центробежные, жалюзийные, масляные и электронные пылеуловители, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки и применяется для улавливания определенного вида пыли.

17.6. Очистка вредных выбросов в атмосферу. Основные способы очистки

Охрана воздушной среды от загрязнений промышленными выбросами, очистка промышленных выбросов входит в комплекс глобальных проблем охраны природы. Каждый год в атмосферный воздух попадает свыше тысячи тонн промышленной пыли и вредных газообразных веществ.

Основные источники загрязнения воздушной среды:

- промышленные предприятия, в частности химические нефтехимические, металлургические заводы;
- теплогенерирующие установки: тепловые электростанции, отопительные и производственные котельные;
- транспорт, в первую очередь автомобильный.

Загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий приводит к значительному уменьшению солнечной радиации, снижению видимости, освещенности, к увеличению частоты туманов, что отрицательно сказывается на экологии и здоровье населения. Присутствие в воздухе различных загрязняющих веществ в сочетании с другими факторами окружающей среды вызывает повреждение материалов, конструкций, в частности подвергаются разрушению сооружения, имеющие большую художественную и историческую ценность.

Без специальных мероприятий по снижению загрязнения воздуха выбросы могут стать источником серьезного ухудшения экологической обстановки, а расширение производств и постоянный рост объемов транспортных средств только усугубляют сложившуюся обстановку.

Основной вклад в загрязнение воздуха промышленными газовыми выбросами вносят предприятия черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии, строительной индустрии, целлюлозно-бумажной промышленности и энергетики, а также бытовые котельные.

Способы очистки газовых выбросов в атмосферу:

·Адсорбционный- вредные примеси улавливают с помощью поглотителей, в качестве которых используют активированный уголь (как в противогазе), известняк, а также поглощающие жидкости- щелочные растворы аммиака и извести. Недостатки - необходимость установки громоздкого оборудования и периодической очистки поглощающей жидкости.

·Окислительный способ заключается в выжигании вредных горючих примесей до углекислого газа и воды; правда, здесь возникает проблема выбросов излишних объемов углекислого газа.

·Каталитический- пропускание выбрасываемой газовой смеси через твердые катализаторы, в качестве которых чаще всего используют металлические сетки (например, из платины или ванадия) или оксиды металлов (цинка, алюминия, марганца и т.д.). Напомним, что катализаторы- это вещества, ускоряющие химические реакции, но сами в них не расходуемые.

Применение тех или иных методов зависит от физико-химических свойств загрязняющего вещества, его агрегатного состояния, концентрации в очищаемой среде. Иногда бывает целесообразно использовать сочетание перечисленных выше методов (например, применяют адсорбционно-окислительный метод или каталитическое окисление).

Установка аспирации вредных выбросов в атмосферу

Предлагаемое устройство концентрирует плотный поток пыли с воздухом, отделяет его от основного потока чистого воздуха и направляет его в циклон или каскадный циклон, но воздуха при этом поступает в пылеуловительное устройство на несколько порядков меньше, чем его в основном потоке. Относительно очищенный воздух из пылеосадительного устройства (циклона) вновь поступает в пылеотделитель и снова участвует в процессе пылеотделения и так многократно.

Пыле-газоочистки на промышленных предприятиях и в тоннелях - газоразрядный очистной комплекс «ГРОК».

Газоразрядный очистной комплекс "ГРОК" предназначен для очистки выбросов от твердых частиц и вредных газообразных веществ:

·неорганические вещества: оксиды углерода, оксиды и диоксиды азота, диоксид серы, озон;

·органические вещества: углеводороды, метан, бензин нефтяной;

·ароматические соединения: бензол, толуол, параксилон, стирол;

·полициклические ароматические соединения: нафталин, бензапирен;

·кислородсодержащие органические вещества: формальдегид, ацетальдегид, фенол, сажа (углерод С);

·пылевых частиц с медианным размером более 5 мкм: пыль угольных шахт, металлургические крупные пыли и возгоны, пыльца растений, споры, сажа, пух;

·пыли с медианным размером частиц 1-3 мкм: возгоны оксидов цинка, мелкая пыль, масляные аэрозоли;

·частиц размером менее 1 мкм: природный туман, смоляной туман, аэрозоли химических производств, пыль при шлифовке.

. В системах газоочистки «ГРОК» применяется технология плазмо-каталитической очистки воздуха, лежащая в основе ряда серийно выпускаемых промышленных газоочистных установок. Плазмо-каталитический метод газоочистки - это довольно новый способ очистки, объединяющий в себе два известных метода - плазмохимический и каталитический.

Плазмо-каталитическая очистка воздуха является наиболее эффективной и экономичной современной технологией газоочистки.

Газоочистка проводится в несколько этапов:

- 1 ступень - грубая очистка от пыли и взвешенных частиц.
- 2 ступень - тонкая очистка от взвешенных частиц и аэрозолей.
- 3 ступень - плазмохимическое разрушение вредных компонентов вентиляционных выбросов.
- 4 ступень - каталитическое разложение газообразных загрязнителей.
- 5 ступень - финишная очистка, нейтрализация технологического озона и конверсия остаточного содержания угарного газа.

После финишного блока, очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Эффективность очистки по результатам проведенных испытаний независимой экспертизой «Ростехнадзора» составляет:

- 81,5 % от оксидов углерода CO;
 - 83,6% от окислов азота NO_x: суммарное содержание окси азота (NO) и двуокси азота (NO₂) в пересчете на NO₂) - продукты окисления азота воздуха.
 - 80-95 % от пылевых частиц с медианным размером более 5 мкм (пыль угольных шахт, металлургические крупные пыли и возгоны, пыльца растений, споры, сажа, пух)
 - 45-60% от пыли с медианным размером частиц 1-3 мкм (возгоны оксидов цинка, мелкая пыль, масляный аэрозоль)
 - 20% от частиц размером менее 1 мкм (природный туман, смоляной туман, аэрозоли химических производств, пыль при шлифовке).
 - Прочие
- Отличительные особенности данного комплекса:
- Газоочистной комплекс состоит из отдельных модулей.
 - Температура рабочего состояния: предельная наибольшая: плюс 40°C предельная наименьшая: минус 30°C.
 - производительность по воздуху: от 600 000 м³/час до 1 200 000 м³/час
 - невзрывоопасно;
 - не пожароопасно;
 - Общая эффективность очистки: 75-98%;
 - Индивидуальное конструктивное решение позволяет монтировать комплекс ГРОК на малых площадях;
 - Комплекс ГРОК в промежуточной фазе очистки синтезирует озон, поэтому параллельно с очисткой воздуха от вредных токсичных веществ происходит и глубокая бактериальная дезинфекция воздуха;
 - Система проста в эксплуатации.

17.7. Нормирование выбросов

В целях обеспечения требуемой чистоты состояния атмосферного воздуха должно осуществляться нормирование (ограничение) выбросов вредных (загрязняющих) веществ, поступающих в атмосферу в результате антропогенной деятельности.

Концепция нормирования выбросов базируется на двух основных подходах.

Первый подход ориентирован непосредственно на источник выделения (выброса) загрязняющих веществ в атмосферу, при этом нормируются основные параметры конкретного источника, меры по уменьшению выбросов определяются исключительно исходя из критериев, основанных на параметрах конкретного источника, таких, как минимальные (предельные) значения выбросов, стоимость мер по их достижению и т.д. При данном подходе не устанавливается четкой взаимосвязи с экологическими последствиями выбросов.

Второй подход ориентирован на результаты воздействия. В рамках этого подхода определяется требуемая степень снижения негативного воздействия выбросов, исходя из фактических результатов воздействия выбросов из конкретного источника на наиболее уязвимые составляющие экосистемы. Для количественного определения степени снижения выбросов выполняются детальные оценки негативного влияния выбросов на основе баз данных о параметрах выбросов, применяемых технологиях и мероприятиях по снижению выбросов, а также состоянии воздушного бассейна и метеорологических и климатологических характеристиках рассеивания и переноса примесей в атмосфере в районе расположения конкретного источника.

На первом подходе основаны многие международные соглашения. Справедливость в нем достигается за счет установления "Равного процента", на который все стороны - участники данного проекта - должны единообразно снизить уровни своих выбросов. Недостаток данного подхода состоит в том, что тяжесть бремени для разных стран неодинакова (поскольку данный подход не учитывает различий в структуре источников выбросов и вытекающих из этого различий в расходах).

Этот подход, основанный на применении нормативов выбросов, используется рядом стран Западной Европы в рамках национальных экологических программ, а также в рамках международного сотрудничества. При этом подходе ограничения выбросов из источников регламентируются определенными предельными значениями (нормативами).

Указанные предельные значения определяются, исходя из наличия и стоимости технических мер сокращения выбросов из конкретных источников. В прошлом в различных международных соглашениях использовались предельные значения выбросов, определенные, исходя из концепций "наилучшей имеющейся технологии" (НИТ) или "наилучшей имеющейся технологии, не связанной с чрезмерными затратами" (НИТНЧЗ).

Основным преимуществом данного подхода является то, что промышленность во всех странах ориентируется на единые технические стандарты, независимо от экологической обстановки в конкретной стране.

Главным недостатком данного подхода является отсутствие гарантий того, что указанные меры являются адекватными для предотвращения экологического ущерба, и что выбранная совокупность мер обеспечит снижение ущерба экономически эффективным образом, т.е. при наименьших затратах будет получен наибольший экологический эффект.

Поэтому у нас в стране уже в течение более 20 лет развивается второй подход к нормированию выбросов, при котором для количественного определения степени снижения выбросов выполняются детальные оценки негативного воздействия выбросов на основе баз данных о параметрах выбросов, применяемых технологиях и мероприятиях по снижению выбросов, а также состоянии воздушного бассейна и метеорологических и климатологических характеристиках рассеивания и переноса примесей в атмосфере в районе расположения конкретного источника. При нормировании выбросов устанавливаются нормативы предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) для каждого источника и предприятия в целом.

На первом этапе работ по нормированию выбросов нормативы ПДВ (ВСВ) разрабатывались для основных загрязнителей-предприятий. В последние годы в результате структурных изменений в экономике и промышленности страны происходит разукрупнение производственных объектов, перефилирование производств, на территориях крупных промышленных предприятий размещаются десятки мелких производств разного профиля. Это приводит к увеличению как числа источников загрязнения атмосферы, так и спектра поступающих в атмосферу вредных веществ.

К настоящему времени степень охвата предприятий и объектов, имеющих источники загрязнения атмосферы (ИЗА), работами по нормированию выбросов составляет более 85%. Причем основная работа сейчас идет за счет вовлечения в систему нормирования вновь образуемых мелких предприятий и объектов (в т.ч. мелкого бизнеса и транспортной инфраструктуры).

Список используемой литературы

1.Т. А. Хван, П. А. Хван. Основы безопасности жизнедеятельности. Ростов н/Дону: Феникс, 2000. -384 с.

2.Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая А. Ф. Козьяков и др.; Под общ. Ред. С. В. Белова. 4-е изд. - М.: Высшая школа, 2006. - 606 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Учебник под ред. Проф Э.А. Арустамова - М.: Издательский дом «Дашков и К°», 2000.

4. Нормативно-методическая документация по охране труда, ГОСТы.
. Матрюков Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для вузов. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 336 с.

Лекция 18

Естественное и искусственное производственное освещение

18.1. Общие понятия

Производственное освещение – это важнейший элемент инфраструктуры в любом производственном предприятии, без которого невозможно представление четкой и слаженной работы каждой технологической линии и участка. Производственное освещение ставит перед собой важные задачи: организацию комфортных условий труда для каждого сотрудника; снижение эксплуатационных расходов на систему освещения в целом; минимизацию вредного воздействия на окружающую среду. Создание комфортного освещения в производственном помещении отнюдь не повод для экономии, так как при недостаточном или некачественном освещении рано или поздно произойдет что-то, что заставит вас по новой разрабатывать всю систему (у сотрудников будет наблюдаться хроническая усталость, раздраженность, и как следствие, общее снижение работоспособности ввиду напряжения зрения). Конечно, решить эту проблему можно и проще – уволив хронически уставший персонал и заменив его свежими кадрами. Но ситуация будет повторяться вновь и вновь, а текучка кадров на предприятии не принесет пользы вашей репутации. К тому же, оскорбленные сотрудники нередко и в суд подают, за причиненный вред их здоровью на производстве. Поэтому расчет естественного освещения промышленного здания должен стать для вас первоочередной задачей.

Обратившись за помощью к профессионалам можно рассчитывать на организацию оптимального освещения там, где в нем действительно есть необходимость. Помимо того, эксперты смогут легко подсказать вам, где вы «переборщили» с освещением и где можно довольствоваться минимальным светом. Только эксперты могут учесть тип производства, режимы работы и особенности технологических процессов для создания оптимальной системы освещения.

Также нельзя забывать о том, что на освещение производственного здания приходится значительная доля как эксплуатационных расходов на предприятии, так и ваших капиталовложений. Вот почему стоит единожды понести большие затраты на освещение и забыть о них на долгое время. Так, все

затраты формируются из затрат на проектирование и текущие эксплуатационные издержки. Если освещением производственного цеха будут заниматься профессионалы, то в сумме эти затраты не только не шокируют вас, но даже смогут порадовать экономией электроэнергии, которая при грамотном подборе осветительного оборудования может достичь 70% в сравнении со среднестатистическими эксплуатационными расходами на освещение производственного здания обычными лампами накаливания.

18.2. Классификация производственного освещения

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- *боковое* – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- *верхнее* – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- *комбинированное* (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими главами Строительных Норм и Правил.

Процесс проектирования естественного освещения производственных помещений осложняется рядом обстоятельств, присущих естественному источнику света. К ним относятся, прежде всего, непостоянство естественного света. На естественное освещение производственных помещений оказывают влияние эксплуатационные условия, характер застекления светопроемов, загрязнение стекол и др.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- *рабочее* – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- *аварийное* – разделяется на освещение безопасности и эвакуационное освещение;

- **охранное** – устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность в ночное время 0,5 лк;

- **дежурное** – освещение в нерабочее время. Область применения, величины освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Освещение безопасности предусматривается в тех случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.д.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях в производственных помещениях и на территориях предприятий, требующих обслуживания при отключении рабочего освещения, наименьшую освещенность в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территорий предприятий.

Эвакуационное освещение в помещениях или местах производства работ вне зданий следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 чел.;
- на лестничных клетках жилых зданий высотой 6 этажей и более;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где выход людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;
- в помещениях общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещениях могут одновременно находиться более 100 чел.;
- в производственных помещениях без естественного света.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Искусственное освещение может быть двух систем:

- **общее освещение** – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение);

- **комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное; **местное освещение** – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.

Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов;

- для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (коэффициент естественного освещения) (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п., а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами.

18.3. Основные светотехнические величины и единицы измерения производственного освещения

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Зрение — главный «информатор» человека; около 90% всей информации о внешнем мире поступает в наш мозг через глаза.

Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции; благоприятно

влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего; повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

К современному промышленному освещению предъявляются высокие требования не только гигиенического, но и технико-экономического характера.

Часть электромагнитного спектра с длинами волн от 10 до 340 000 нм называется оптической областью спектра, которая делится на инфракрасное излучение с длинами волн от 340 000 нм до 770 нм, видимое излучение от 770 до 380 нм, ультрафиолетовое излучение — от 380 до 10 нм.

В пределах этой видимой части спектра лучистой энергии излучения различной длины волн вызывают и различные световые ощущения — от фиолетового ($\lambda = 380$ нм) до красного — ($\lambda = 750$ нм) цветов.

Совершенство производственного освещения характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся: световой поток, сила света, яркость, освещенность, коэффициент отражения.

Световой поток F определяется как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, которое она производит на человеческий глаз. За единицу светового потока принят люмен (лм).

Световой поток определяется как величина не только физическая, но и физиологическая, поскольку измерение ее основывается на зрительном восприятии.

Все источники света, в том числе и осветительные приборы, излучают световой поток в пространство неравномерно, поэтому вводится величина пространственной плотности светового потока — сила света J , которой называется отношение светового потока к телесному углу, в пределах которого световой поток распространяется и равномерно распределяется:

$$J_a = dF/d\omega$$

где J_a — сила света под углом a ;

dF — световой поток, равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$.

За единицу силы света принята кандела (кд). Одна кандела — сила света, испускаемого с поверхности площадью $1/600000$ м² полного излучателя (государственный световой эталон) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины ($2046,65^\circ$ К) при давлении 101325 Па.

Освещенность E — плотность светового потока на освещаемой

поверхности:

$$E=dF/dS$$

где dS — площадь поверхности, на которую падает световой поток dF .
За единицу освещенности принят люкс (лк).

Яркостью поверхности L в данном направлении называется отношение силы света, излучаемой поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость перпендикулярную данному направлению:

$$L_a=dJ_a/dS \cos \alpha$$

где dJ_a — сила света, излучаемого поверхностью dS в направлении α .

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $F_{отр}$ к падающему на нее световому потоку $F_{пад}$.

К основным показателям, определяющим условия зрительной работы, относятся такие понятия, как фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности.

Фон — поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается; характеризуется коэффициентом отражения, зависящим от цвета и фактуры поверхности, значения которого лежат в пределах от 0,02 до 0,95.

При коэффициенте отражения поверхности более 0,4 фон считается светлым; от 0,2 до 0,4 — средним и менее 0,2 — темным.

Контраст объекта с фоном K характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точка, линия, знак, пятно, трещина, риска, раковина или другие элементы, которые требуется различить в процессе работы) и фона. Контраст определяется по формуле

$$F_2 = \frac{L}{\mu v^2} = \frac{L}{\mu \sqrt{\frac{H_2 \cdot 2g}{\gamma_{ср.п}}}}$$

где L_f и L_0 — яркость соответственно фона и объекта.

Контраст объекта с фоном считается большим при значениях K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости), средним при значениях K от 0,2

до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при значениях К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект; зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции.

Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V=K/K_{\text{пор}}$$

где К — контраст объекта с фоном;

К_{пор} — пороговый контраст, т. е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Показатель ослепленности Р — критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой, значение которого определяется по формуле

$$P=(S-1)1000,$$

где Р — показатель ослепленности;

S =V₁/V₂ коэффициент ослепленности; V₁ и V₂ — видимость объекта наблюдения соответственно при экранировании и при наличии блеских источников в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности К_П — критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

Коэффициент пульсации освещенности К_п в процентах следует определять по формуле

$$K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{cp}}} 100,$$

где E_{max}, E_{min} и E_{cp} — максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебания, лк.

Лекция 19

Гигиеническое нормирование естественного и искусственного освещения

19.1. Введение в гигиеническое нормирование

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Зрение — главный «информатор» человека; около 90% всей информации о внешнем мире поступает в наш мозг через глаза.

Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует. Часть электромагнитного спектра с длинами волн от 10 до 340 000 нм называется оптической областью. Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции; благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего; повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

Часть электромагнитного спектра с длинами волн от 10 до 340 000 нм называется оптической областью. Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, предназначено для решения следующих вопросов: оно улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции; благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего; повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

В действующих нормах искусственного освещения в производственных помещениях (СНиП II-A.9) задаются как количественные (величина минимальной освещенности, допустимая яркость в поле зрения), так и качественные характеристики (показатель ослепленности, глубина пульсации освещенности), которые важны для создания нормальных условий труда.

Для освещения производственных помещений в первую очередь следует применять газоразрядные лампы независимо от принятой системы освещения в связи с большими преимуществами их перед лампами накаливания экономического и светотехнического характера. Использование ламп накаливания допускается только в случаях невозможности применения газоразрядных ламп.

Принято раздельное нормирование освещенности в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина минимальной освещенности устанавливается согласно условиям зрительной работы, которые определяются наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона (табл. 1).

При определении нормы освещенности необходимо учитывать ряд условий, вызывающих необходимость повышения уровня освещенности, выбранного по точности зрительной работы. Повышение освещенности следует предусматривать также в помещениях с недостаточным по нормам естественным светом, который при боковом освещении составляет менее 80% нормируемого значения, а при верхнем менее 60%. В некоторых случаях необходимо уменьшать нормируемые освещенности, например, при кратковременном пребывании людей в помещении.

19.2. Нормирование естественного освещения

Естественное освещение имеет важное физиолого-гигиеническое значение для работающих. Оно благоприятно воздействует на органы зрения, стимулирует физиологические процессы, повышает обмен веществ и улучшает развитие организма в целом. Солнечное излучение согревает и обеззараживает воздух, очищая его от возбудителей многих болезней (например, вируса гриппа). Кроме того, естественный свет имеет и важное психологическое значение, создавая у работающих ощущение непосредственной связи с окружающей средой [1].

На уровень освещенности помещения при естественном освещении влияют следующие факторы: световой климат; площадь и ориентация световых проемов; степень чистоты стекла в световых проемах; окраска стен и потолка помещения; глубина помещения; наличие предметов, закрывающих окно как изнутри, так и снаружи помещения.

Естественное освещение оценивается коэффициентом e естественной освещенности (КЕО):

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} 100\% \quad (19.1)$$

где $E_{\text{вн}}$ - освещенность, создаваемая внутри помещения, лк; $E_{\text{нар}}$ - освещенность земной поверхности от небосвода, лк.

Нормированное значение (КЕО) e_n для помещений, которые размещены в I, II, IV, V поясах светового климата, определяется по формуле

$$e_n = e_n^{\text{III}} m \cdot c \quad (19.2)$$

где e_n^{III} – нормированное значение КЕО согласно СНиП II-4-79 в III поясе светового пояса Украины. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение;

m – коэффициент светового климата;

c – коэффициент солнечности климата

В охране труда нормируется e_{\min} зависимости от следующих факторов:

- вида выполняемой работы (помещения);
- расположения световых проемов;
- конструктивных особенностей световых проемов и расположенных рядом строений.

При *боковом* естественном освещении минимальное значение коэффициента естественной освещенности (e_{\min}) нормируется:

- при одностороннем - в точке, расположенной на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;
- при двустороннем - в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола);

При *верхнем* и *совмещенном* освещении нормируется среднее значение КЕО ($e_{\text{ср}}$):

$$e_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1} \left(\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + \frac{e_n}{2} \right), \quad (19.3)$$

где N - число точек определения (первая и последняя точки выбираются на расстоянии 1м от поверхности наружных стен или перегородок);

$e_1, e_2 \dots e_n$ - значения КЕО при верхнем и совмещенном освещении в точках характерного разреза помещения.

Под условной поверхностью понимается условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола. При экспериментальном определении КЕО требуется производить замеры освещенности внутри и снаружи здания одновременно, когда небо затянуто облаками. Точку для измерения наружной освещенности выбирают на открытом участке земной поверхности.

При совмещенном освещении КЕО определяют по формуле:

$$e_i = e_{\text{б}} + e_{\text{в}}, \quad (19.4)$$

где $e_{\text{б}}$ и $e_{\text{в}}$ - КЕО соответственно при боковом и верхнем освещении.

Для обеспечения нормированного значения КЕО площадь световых проемов при боковом освещении определяется по формуле:

$$S_0 = \frac{e_n \eta_0 S_n K_{\text{з0}} K_{\text{з}}}{100 \tau_0 r_1}, \quad (19.5)$$

при верхнем

$$S_{\text{ф}} = \frac{e_n \eta_{\text{ф}} S_n K_{\text{з}}}{100 \tau_0 r_1}, \quad (19.6)$$

где e_n - нормированное значение КЕО;

S_0 и $S_{\text{ф}}$ - площадь окон и фонарей соответственно, м^2 ;

S_n - площадь пола, м^2 ;

τ_0 - общий коэффициент светопропускания;

r_1 и r_2 - коэффициенты, учитывающие повышение КЕО от отраженного света (ориентировочно значение r_1 можно принимать в пределах от 1,5 до 3,0, (причем большее значение при боковом одностороннем освещении, меньшее - при боковом двустороннем; значение коэффициента r_2 выбирается в пределах от 1,1 до 1,4);

η_0 и $\eta_{\text{ф}}$ - световая характеристика окна и фонаря (ориентировочно принимается для фонарей от 3,0 до 5,0; для окон - от 8,0 до 15);

$K_{\text{зд}}$ - принимается в пределах от 1,0 до 1,5 и характеризует затемнение окна от противостоящих зданий;

$K_{\text{з}}$ - коэффициент запаса, принимается равным 1,5...2,0; причем меньшее значение используется при вертикальном расположении светопропускающего материала.

По рассчитанной площади световых проемов определяют их размеры и количество.

19.3. Нормирование искусственного освещения

Основное отличие ночных условий труда от дневных состоит в том, что при ночных условиях отсутствует достаточная освещенность поля зрения ра-

ботающего равномерно распределенным световым потоком. Поэтому необходимо создавать такое искусственное освещение, при котором суммарный световой поток от всех установленных в рабочей зоне светильников распределялся бы равномерно [1, 2].

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях регламентируется СНиП II-4-79 и зависит, в основном, от характеристики зрительной работы разряда зрительной работы, наименьшего размера объекта различия, контраста объекта с фоном, характеристики фона и типа освещения. Нормы носят межотраслевой характер. На их основе, как правило, разрабатывают нормы для отдельных отраслей промышленности.

В СНиП II-4-79 восемь разрядов зрительной работы, из которых первых шесть характеризуются размерами объекта различия. Для 1-5 разрядов, которые кроме того имеют еще и по четыре подразряда, (а, б, в, г), нормируемые значения зависят не только от наименьшего размера объекта различия, но и от контраста объекта с фоном и характеристики фона. Наибольшая нормируемая освещенность составляет 5000 лк (разряд 1а), а наименьшая – 30 лк (разряд 8а).

Лекция 20

Виды искусственного освещения по функциональному назначению и методы расчёта искусственного и естественного освещения

20.1. Понятие «функциональное назначение»

Искусственное освещение предусматривают в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в часы, когда естественное освещение отсутствует.

Виды искусственного освещения по функциональному назначению:

- ***Рабочее освещение***– предусматривают для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.
- ***Аварийное освещение безопасности***– освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.
- ***Аварийное эвакуационное освещение***– освещение, предусмотренное для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения.
- ***Охранное освещение***– освещение вдоль границ территории охраняемой в ночное время.
- ***Дежурное освещение***– освещение в нерабочее время.

Виды искусственного освещения по принципу локализации:

• ***Общее освещение***— для освещения всего помещения. Делится на общее равномерное (создает условия для выполнения работ в любом месте освещения пространства) и общее локализованное (создает повышенную освещенность на рабочих местах за счет расположения светильников в соответствии с оборудованием).

• ***Местное освещение***— предназначено для освещения только рабочих поверхности и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. В производственных помещениях запрещается применение только местного освещения, это связано с тем, что резкий контраст между ярко освещенными и не освещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы и нередко является причиной несчастных случаев.

• ***Комбинированное освещение***— целесообразно устанавливать при работах высокой точности, а также при необходимости создания процессе работы определенной направленности светового потока.

Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы и лампы накаливания.

В ***лампах накаливания*** источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной по сравнению с естественным светом интенсивностью в желто-красной области спектра. В промышленности используются для организации местного освещения. Недостатки: сравнительно небольшой срок службы и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока и потребляемой электрической мощности) 8-20 лм/Вт.

Газоразрядные лампы делят на лампы низкого и высокого давления.

Люминесцентные лампы (низкого давления) представляют собой стеклянную трубку, внутренняя поверхность которого покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30-80 мг) и смесью инертных газов под низким давлением, около 400 Па. В противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение преобразуется люминофором в видимое световое излучение, имеющее различную цветность в зависимости от состава люминофора.

Газовые лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем (вихревые). Газовый разряд в них возбуждается на высоких частотах, за счет чего обеспечивается высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03 -0,08 МПа) относят *дуговые ртутные лампы*. В их спектре излучения преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Достоинства газоразрядных ламп: экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивает высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт.

20.2. Методы расчёта искусственного освещения

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности или, при известном числе и мощности ламп, определение ожидаемой освещенности на рабочей поверхности.

Проектируя осветительную установку, необходимо решить ряд вопросов:

1. Выбрать тип источника света. Для освещения производственных помещений должны применяться газоразрядные лампы; там, где температура воздуха может быть менее $+10^{\circ}\text{C}$ и напряжение в сети переменного тока может падать ниже 90% номинального, следует отдавать предпочтение лампам накаливания. 2. Выбрать систему освещения. Определяя систему освещения, необходимо учитывать, что экономичнее система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения более совершенна, так как создает более равномерное распределение световой энергии. Применяя локализованное общее освещение, можно наиболее просто добиться высоких уровней освещенности на рабочих местах без значительных экономических затрат. При выполнении работ I—IV, Va и V6 разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Применение местных светильников повышает освещенность, помогает создать необходимую направленность светового потока, исключить блескость, в некоторых случаях проводить работы на просвет (выверку зазоров).

3. Выбрать тип светильников с учетом загрязненности воздушной среды в соответствии с требованиями распределения яркостей в поле зрения и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности.

4. Произвести распределение светильников и определить их количество. Светильники могут располагаться рядами, в шахматном порядке, ромбовидно. Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается в том случае, если отношение расстояния между центрами светильников L к высоте их подвеса над рабочей поверхностью H_p составит для светильников:

«Глубокоизлучатель» 1,4; «Универсаль» 1,5; «Люцетта» 1,4; «Шар молочного стекла» 2,0; ВЗГ 2,0; ОД 1,4; ПВЛ 1,5.

5. Определить нормируемую освещенность на рабочем месте. Для этого необходимо определить характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта различения, оценить контраст объекта с фоном и фон на рабочем месте и по табл. 1 или 2, в соответствии с выбранной системой освещения и источником света, найти минимальную нормируемую освещенность. Для расчета искусственного освещения пользуются в основном тремя методами.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток лампы $F_{\text{л}}$ (лм) при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} S z k}{N \eta},$$

где $E_{\text{н}}$ — нормированная минимальная освещенность, лк; S — площадь освещаемого помещения, м²; z — коэффициент минимальной освещенности, равный отношению $E_{\text{сп}}/E_{\text{мин}}$, значения которого обычно находятся в пределах 1,1—1,5 (в среднем 1,2); k — коэффициент запаса, принимаемый в соответствии с табл. 2; N — число светильников в помещении; η — коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от к. п. д. и кривой распределения силы света светильника, коэффициента отражения потолка (рп) и стен (рс), высоты подвеса светильников и размеров помещения (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент использования светового потока

Светильник	«Глубоко-излучатель»			«Универсаль» без затенителя			«Люцетта»			ВЗГ 200 с отражателем			ОД			ПВЛ		
$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i	Коэффициент использования $\eta \cdot 100$																	
0,5	19	21	25	21	24	28	14	16	22	12	14	17	23	26	31	14	16	19
0,6	24	27	31	27	30	34	19	21	27	16	18	21	30	33	37	18	20	22
0,7	29	31	34	32	35	38	23	24	30	19	21	24	35	38	42	21	23	25
0,8	32	34	37	35	38	41	25	26	33	21	24	26	39	41	45	23	25	27
0,9	34	36	39	38	40	44	27	29	35	23	25	28	42	44	48	25	27	29
1,0	36	38	40	40	42	45	29	31	37	25	27	29	44	46	49	26	28	30
1,1	37	39	41	42	44	46	30	32	38	26	27	30	46	48	51	27	29	31
1,25	39	41	43	44	46	48	31	34	41	27	29	31	48	50	53	29	30	32
1,5	41	43	46	46	48	51	34	37	44	29	30	39	50	52	56	30	31	34
1,75	43	44	48	48	50	53	36	39	46	30	32	34	52	55	58	31	33	35
2,0	44	46	49	50	52	55	38	41	48	32	33	35	55	57	60	33	34	36
2,25	46	48	51	52	54	56	40	43	50	33	35	37	57	59	62	34	35	37
3,0	49	51	53	55	57	60	44	47	54	35	37	39	60	62	66	36	37	40
3,5	50	52	54	56	58	61	45	49	57	36	38	40	61	64	67	37	38	40
4,0	51	52	55	57	59	62	46	50	59	37	39	41	63	65	68	38	39	41
5,0	52	54	57	58	60	63	48	52	61	38	40	42	64	66	70	38	40	42

Значения коэффициента η определяют по таблицам, в зависимости от коэффициентов отражения светового потока от потолка и стен и показателя помещения i , определяемого из отношения

$$i = AB / (H_p(A+B))$$

где A и B — два характерных размера помещения; H_p — высота светильников над расчетной поверхностью.

Подсчитав по вышеприведенной формуле световой поток лампы $F_{\text{л}}$, по табл. 4 подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной системы. В практике допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до — 10 и +20%, в противном случае задается другая схема расположения светильников.

Точечный метод применяют для расчета локализованного и местного освещения, освещения наклонных плоскостей и для проверки расчета равномерного общего освещения, когда отраженным световым потоком можно пренебречь.

В основу точечного метода положено уравнение, связывающее освещенность и силу света:

$$E = \frac{J_{\alpha} \cos \alpha}{r^2},$$

где J_{α} — сила света в направлении от источника на данную точку рабочей поверхности, кд (рис. 21); r — расстояние от светильника до расчетной точки, м; α — угол между нормалью рабочей поверхности и направлением светового потока на источник.

Для практического использования вводим в формулу коэффициент запаса k и заменяем r на $H_p / \cos \alpha$ откуда

$$E = \frac{J_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{k H_p^2},$$

где H_p — высота подвеса светильника над рабочей поверхностью.

Таблица 4. Световые и электрические параметры ламп накаливания (по ГОСТ 2239—70) и люминесцентных ламп (по ГОСТ 6825—70)

Лампы накаливания	Напряжение, В				Люминесцентные лампы		
	127		220		Тип лампы	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт			
В-15	135	9,0	105	7,0	ЛДЦ20	820	41,0
В-25	260	10,4	220	8,8	ЛД20	920	46,0
В-40	490	12,0	400	10,0	ЛБ20	1180	59,0
БК-40	520	13,0	460	11,5	ЛДЦ30	1450	48,2
В-60	820	13,7	715	11,9	ЛД30	1640	54,5
БК-100	1630	16,3	1450	14,5	ЛБ30	2100	70,0
Г-150	2300	15,3	2000	13,3	ЛДЦ40	2100	52,5
Г-200	3200	16,0	2800	14,0	ЛД40	2340	58,5
Г-300	4950	16,5	4600	15,4	ЛБ40	3000	75,0
Г-500	9100	18,2	8300	16,6	ЛДЦ80	3560	44,5
Г-750	—	—	13100	17,5	ЛД80	4070	50,8
Г-1000	19500	19,5	18600	18,6	ЛБ80	5220	65,3

Таблица 5. Значения удельной мощности осветительной установки для светильника ОД ($r_p = 50\%$; $r_c = 30\%$) с лампой ЛБЗО, 40 Вт

20.3. Методы расчёта естественного освещения При определении достаточности естественного освещения в производственном помещении для правильной расстановки оборудования и распределения рабочих мест с различной степенью зрительного напряжения необходимо уметь аналитически определять коэффициенты естественной освещенности.

Световой поток, падающий в расчетную точку производственного помещения, складывается из прямого диффузного света части небосвода, видимого через светопроем, и света, отраженного от внутренних поверхностей помещения и от противостоящих зданий.

При боковом освещении, например, к. е. о. определяется из следующего выражения:

$$e_b = (e_{bq} + e_{вд}k) \tau_{ог}.$$

Здесь величины e_b и $e_{вд}$ — это геометрические коэффициенты естественной освещенности в расчетных точках при боковом освещении соответственно от небосвода и противостоящего здания. Их значения определяются с помощью графических методов в предположении, что оконные проемы не имеют остекления и переплетов, а внутренние поверхности помещений не отражают света. Коэффициент q учитывает неравномерность яркости облачного неба; коэффициент k учитывает относительную яркость противостоящего здания. Выражение в скобках характеризует часть к. е. о., создаваемого светом, проникающим извне помещения.

При расчете учитывается общий коэффициент светопропускания $\tau_{ог}$, который характеризует потерю света в материале остекления, в переплетах светопроема, в слое загрязнения и в солнцезащитных устройствах. Повышение к. е. о. за счет отраженного света от потолка и стен помещения учитывается коэффициентом $г$.

Для определения геометрических коэффициентов естественной освещенности существует графический метод А. М. Данилюка, пригодный для определения к. е. о. при легкой сплошной облачности, т. е. при диффузном распространении светового потока. Этот метод сводится к тому, что полусферу небосвода разбивают на 10 000 участков равной световой активности и подсчитывают, какое количество участков небосвода видно из данной точки помещения через светопроем, т. е. графически определяют, какая часть светового потока от всей небесной полусферы непосредственно попадает в расчетную точку.

Количество видимых через светопроем участков небосвода определяют при помощи двух графиков (рис. 25), представляющих собой пучок проекций лучей, соединяющих центр полусферы небосвода с участками равной световой активности по высоте (график I) и по ширине (график II) светового проема.

Электромагнитные поля, их измерение и нормирование, контроль и методы защиты

21.1. Предварительные замечания

Новые технологические процессы, использующие возникновение тепла в нагреваемых предметах, такие, как нагрев металлов при плавке и ковке, сушка и склеивание древесины и т. п., основаны на применении электромагнитных полей высокой и сверхвысокой частоты. Эти технологические процессы протекают с большой скоростью, обеспечивают высокое качество обработки материалов и поэтому экономически эффективны. Кроме того, их применение дает значительное улучшение условий труда, так как отсутствие плавильных или нагревательных печей, работающих на нефти или газе, снижает загазованность воздуха на рабочих местах, уменьшает интенсивность теплового облучения.

Радиотехнические и электронные устройства, использующие электромагнитные колебания, находят широкое применение в радиосвязи, радиолокации, радиотелеметрии, радионавигации и т. д. Такая радиоаппаратура настраивается и испытывается как перед монтажом, так и во время ее эксплуатации.

Применение новых технологических процессов, радиотехнических приборов и систем обусловило появление ряда новых проблем по защите персонала от воздействия электромагнитных излучений. Электромагнитные поля радиочастот и электромагнитные излучения могут оказывать вредное действие на организм, причем их опасность увеличивается тем, что они не обнаруживаются органами чувств.

21.2. Классификация электромагнитных полей и излучений

Биосфера на протяжении всей эволюции находилась под влиянием электромагнитных полей, так называемого фонового излучения, вызванного естественными причинами. В процессе индустриализации человечество прибавило к этому целый ряд факторов, усилив фоновое излучение. В связи с этим ЭМП антропогенного происхождения начали значительно превышать естественный фон и теперь превратились в опасный экологический фактор.

Применение радиотехнических приборов и систем, новых технологических процессов, использование которых приводит к излучению электромагнитной энергии в окружающую среду создает ряд трудностей, связанных с отрицательным воздействием электромагнитных излучений на организм человека. Под влиянием ЭМП происходит перегрев организма, наблюдается

отрицательное влияние на центральную нервную систему, эндокринную, обмена веществ, сердечно-сосудистую, на зрение. Повышается утомляемость, артериальное давление, нарушается устойчивость внимания.

ЭМП в соответствии с законами Максвелла характеризуется векторами напряженности электрического E (В/м) и магнитного H (А/м) полей. Векторы E и H бегущей электромагнитной волны в зоне распространения всегда взаимно перпендикулярны. При распространении в проводящей среде они связаны соотношением:

$$E = H \sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma}} e^{-kR},$$

где,

ω	—	частота	электромагнитных	колебаний;
γ	—	удельная	проводимость	вещества экрана;
μ	—	магнитная	проницаемость	этого вещества;
k	—		коэффициент	затухания;

R — расстояние от входной плоскости экрана до рассматриваемой точки.

Согласно теории электромагнитного поля пространство около источника переменного электрического или магнитного полей делится на две зоны: ближнюю, или зону индукции, которая находится на расстоянии $R \leq \lambda / 2$ (λ — длина волны, определяется из соотношения $\lambda = C / f$, где C — скорость распространения волны; f — частота электромагнитных колебаний) и зону излучения (распространения), которая находится на расстоянии $R > \lambda / 6$. Классификация ЭМП приведена на рис. 21.1.

Все электромагнитные поля и излучения делятся на естественные и антропогенные.

ЭМП естественного происхождения. Вокруг Земли существует электрическое поле напряженностью в среднем 130 В/м, которое уменьшается от средних широт до полюсов и к экватору, а также по экспоненциальному закону с отдалением от земной поверхности. Наблюдаются годовые, суточные и другие Вариации этого поля, а также случайные его изменения под влиянием грозных разрядов, осадков, вьюг, пылевых бурь, ветров. Наша планета также имеет магнитное поле с напряженностью 47,3 А/м на северном, 39,8 А/м — на южном полюсах, 19,9 А/м — на магнитном экваторе. Это магнитное поле колеблется с 80-годовым и 11-годовым циклами изменений.



Рис. 21.1. Классификация ЭМП и излучений

Земля постоянно находится под Влиянием ЭМП, которые излучает Солнце, в диапазоне в основном 10 МГц—10 ГГц. Спектр солнечного излучения достигает и более коротковолновой области, которая включает в себя инфракрасное (ИК), видимое, ультрафиолетовое (УФ), рентгеновское и гамма-излучение. Интенсивность излучения меняется периодически, а также быстро и резко увеличивается при хромосферных вспышках. Рассмотренные ЭМП влияли на биологические объекты и в частности на человека во время всего его существования. Это предоставило возможность в процессе эволюции приспособиться к влиянию таких ;Полей и выработать защитные механизмы, которые защищают человека от возможных излучений за счет естественных факторов. Однако все !же наблюдается корреляция между изменениями солнечной активности ;(вызванными ими изменениями электромагнитного излучения) и нервными, психическими, сердечно-сосудистыми заболеваниями людей, а также нарушением условно-рефлекторной деятельности животных.

Антропогенные излучения фактически охватывают все диапазоны. Рассмотрим влияние радиоволнового излучения, в частности излучение ВЧ и УВЧ диапазонов (диапазоны 30 кГц—500 МГц). Возможности прямого облучения радиоволнами определяются условиями их распространения, которые зависят от длины волны.

На длинных волнах (10—1 км) ЭМП создается волной, которая огибает земную поверхность и препятствия, которые на ней находятся (дома, растительность, неровности местности), и проходят между земной поверхностью и

нижней границей ионизационного слоя атмосферы. Они почти не поглощаются почвой. Сигналы мощных радиовещательных станций в этом диапазоне фактически в любое время суток свободно распространяются на далекие расстояния.

Средние волны (1000—100 м) также достаточно хорошо огибают земную поверхность, хотя при этом отклоняются препятствиями, которые имеют размер, больший от длины волны, и значительно поглощаются почвой. В связи с этим расстояние распространения средних волн составляет около 500 км, а для обслуживания больших территорий устанавливается сеть ретрансляционных станций. В этом диапазоне работают радиостанции на судах и аэродромная радиослужба. Но главную экологическую опасность создают мощные радиовещательные станции.

В диапазоне коротких волн (100—10 м) радиоволна очень сильно поглощается почвой, но для распространения на большое расстояние используется их отражение от земной поверхности и от ионосферы. В этом диапазоне работают радиовещательные станции и станции связи.

На ультракоротких волнах (10—1 м), которые сильно поглощаются почвой и почти не отражаются ионосферой, распространение сигналов происходит практически только в пределах прямой видимости. Для увеличения этой зоны используют высоко размещенные антенны и ретрансляторы, причем ЭМП образуются вследствие интерференции прямого и отраженного лучей. В этом диапазоне работают радиовещательные и телевизионные станции, расположенные, как правило, в местах большой концентрации населения.

Излучение СВЧ диапазона. Активность влияния ЭМП различных диапазонов частот различная: она значительно растет с ростом частоты и очень сильно влияет в СВЧ диапазоне. В данный диапазон входят дециметровые (100—10 см), сантиметровые (10—1 см) и миллиметровые (10—1 мм) волны. Эти диапазоны объединяются термином „микроволновой“.

Как и УВЧ, СВЧ излучение сильно поглощается почвой и не отражается ионосферой. Поэтому распространение СВЧ происходит в пределах прямой видимости.

На дециметровых волнах работают радиовещательные и телевизионные станции, которые обеспечивают в связи со снижением уровня препятствий высшее качество передачи информации, чем в УВЧ диапазоне.

Все участки НВЧ диапазона используются для радиосвязи, в том числе радиорелейного и спутникового. В этом диапазоне работают практически все радиолокаторы. Поскольку излучение СВЧ, поглощаясь плохопроводящей средой, вызывает их нагревание, этот диапазон широко используется в про-

мышленных установках, которые базируются на использовании и других эффектов, связанных с СВЧ излучениями. Подобные установки используются и в быту. Влияние СВЧ излучения на живые ткани дало основание для разработки терапевтической медицинской аппаратуры. Благодаря особенностям распространения СВЧ именно этот диапазон используется для передачи энергии лучом на большие расстояния.

21.3. Влияние электромагнитных полей и излучений на живые организмы

Под влиянием ЭМП и излучений наблюдаются: общая слабость, повышенная усталость, потливость, сонливость, а также расстройство сна, головная боль, боль сердца. Появляется раздражение, потеря внимания, растет длительность речедвигательной и зрительно-моторной реакций, повышается граница обонятельной чувствительности. Возникает ряд симптомов, которые являются свидетельством нарушения работы отдельных органов — желудка, печени, селезенки, поджелудочной и других желез. Угнетаются пищевая и половая рефлекс.

Регистрируются изменения артериального давления, частота сердечного ритма, форма электрокардиограммы. Это свидетельствует о нарушении деятельности сердечно-сосудистой системы. Фиксируются изменения показателей белкового и углеводного обмена, увеличивается содержание азота в крови и моче, снижается концентрация альбумина и растет содержание глобулина, увеличивается количество лейкоцитов, тромбоцитов, возникают и другие изменения состава крови.

Есть сведения о клинических проявлениях действия СВЧ-облучения в зависимости от интенсивности облучения. При интенсивности около 20 мкВт/см² наблюдается уменьшение частоты пульса, снижение артериального давления, то есть реакция на облучение. С ростом интенсивности проявляются электрокардиологические изменения, при хроническом влиянии — тенденция к гипотонии, к изменениям со стороны нервной системы. Потом начинается ускорение пульса, колебание объема крови.

При интенсивности 6 мВт/см² замечены изменения в половых железах, в составе крови, мутность хрусталика. Далее — изменения в свертывании крови, условно-рефлекторной деятельности, влияние на клетки печени, изменения в коре головного мозга. Потом — повышения кровяного давления, разрывы капилляров и кровоизлияния в легкие и печень.

При интенсивности до 100 мВт/см² — стойкая гипотония, стойкие изменения сердечно-сосудистой системы, двухсторонняя катаракта. Дальней-

шее облучение заметно влияет на ткани, вызывает болевые ощущения. Если интенсивность превышает 1 Вт/см^2 , то это вызывает очень быструю потерю зрения.

Одним из серьезных эффектов, обусловленных СВЧ облучением, есть повреждение органов зрения. На низких частотах такие эффекты не наблюдаются и поэтому их нужно считать специфическими для СВЧ диапазона.

Степень поражения зависит в основном от интенсивности и длительности облучения. С ростом частоты, напряженности ЕМП, которая вызывает повреждение зрения, степень поражения уменьшается.

Острое СВЧ облучение вызывает слезотечение, раздражение, сужение зрачков. Потом после короткого (1—2 суток) периода наблюдается ухудшение зрения, которое растет во время повторного облучения, что свидетельствует о кумулятивном характере поражения.

При влиянии излучения наблюдается повреждение роговицы глаз. Но среди всех тканей глаза наибольшей чувствительностью в диапазоне 1—10 ГГц обладает хрусталик. Сильное повреждение хрусталика обусловлено тепловым влиянием НВЧ (при плотности более 100 мВт/см^2).

Люди, облученные импульсом СВЧ колебаний, слышат звук. В зависимости от длительности и частоты повторений импульсов этот звук воспринимается как щебетание, чириканье, журчание в какой-то точке (внутри или сзади) головы. Частота ощущения звука не зависит от частоты СВЧ сигнала.

Существует следующее объяснение слухового эффекта: под влиянием импульсов СВЧ энергии возбуждаются термоупругие волны давления в тканях мозга, которые действуют за счет костной проводимости на рецепторы внутреннего уха.

При исследовании влияния СВЧ излучения небольшой (нетепловой) интенсивности на мух наблюдались тератогенные эффекты (врожденные увечья), которые иногда имели мутагенный характер, то есть унаследовались. Обнаружено значительное влияние СВЧ на изменение физикохимических свойств и соотношение клеточных структур. Особенно это приводит к задержке и прекращению процессов размножения бактерий и вирусов, снижает их инфекционную активность.

21.4. Нормирование электромагнитных полей. Методы защиты.

Нормирование ЭМП промышленной частоты

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентиру-

ются СН 5802-91 «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» и ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» предусматривают следующие предельно допустимые величины:

- напряженность электромагнитных полей радиочастот на рабочих местах не должна превышать по электрической составляющей 20 В/м в диапазоне частот 100 кГц — 30 МГц и 5 В/м в диапазоне частот 30—300 МГц;

- по магнитной составляющей предельная величина равна 5 А/м в диапазоне частот 100 кГц — 1,5 МГц. В диапазоне СВЧ 300—300 000 МГц максимально допустимая плотность потока мощности при облучении в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при облучении не более 2 ч за рабочий день — 100 мкВт/см² и при облучении не более 15—20 мин 1000 мкВт/см² при условии обязательного использования защитных очков. В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см².

В диапазоне СВЧ для лиц, не связанных профессионально с облучением, и для населения плотность потока мощности не должна превышать 1 мкВт/см².

21.5. Нормирование электромагнитных излучений радиочастотного диапазона

Источниками электромагнитных излучений в радиотехнических устройствах являются генератор, тракты передачи энергии от генератора к антенне, антенные устройства, электромагниты в установках для термической обработки материалов, конденсаторы, высокочастотные трансформаторы, фидерные линии. При их работе в окружающую среду распространяются ЭМП. Установленные правилами предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП распространяются на диапазон частот 30 кГц—300 ГГц (табл. 2.14).

Электромагнитное поле ВЧ и СВЧ, которое несет с собой энергию, может самостоятельно распространяться в пространстве без проводника электротока со скоростью, близкой к скорости света. Оно меняется с этой же частотой, что и ток, который его создал. Электромагнитное поле в 5—8 диапазонах частот оценивается напряженностью поля. Единицей измерения напряженности поля для электрической составляющей является вольт на метр (В/м). Поле в 9—11 диапазонах частот оценивается поверхностной плотностью потока энергии, (ППЭ). Единицей измерения ППЭ является Ватт на квадратный метр — (1 Вт/м² = 0,1 мВт/см² = 100 мкВт/см²).

Таблица 21.1 Номенклатура диапазонов частот

Номер диапазона	Диапазон частот (исключая нижнюю и включая верхнюю границу)	Диапазон волн (исключая нижнюю и включая верхнюю границу)	Соответствующее метрическое распределение диапазонов
5	От 30 до 300 кГц	От 101 до 3 м	Километровые волны (низкие частоты, НЧ)
6	От 300 до 3000 кГц	От 103 до 10- м	Гектаметровые волны (средние частоты, СЧ)
7	От 3 до 30 МГц	От 10'2 до 10 м	Декаметровые волны (высокие частоты, ВЧ)
8	От 30 до 300 МГц	От 10 до 1 м	Метровые волны (очень высокие частоты. ОВЧ)
9	От 300 до 3000 МГц	От 1 до 0.1 м	Дециметровые волны (ультравысокие частоты, УВЧ)
10	От 3 до 30 ГГц	От 10 до 1 см	Сантиметровые волны (сверхвысокие частоты, СВЧ)
11	От 30 до 300 ГГц	От 1 до 0,1 см	Миллиметровые волны (чрезвычайно высокие частоты, ЧВЧ)

Когда дозы электромагнитных излучений электромагнитных установок радиочастот превышают допустимые значения, возникают профессиональные заболевания. Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля (электрическая составляющая ЭМП) выражаются среднеквадратическим (эффективным) значением, и уровнем ППЭ, который выражается средним значением, определяемым в зависимости от частоты (длины) волны и режима излучения по табл. 2.15. ПДУ, приведенные в данной таблице, не распространяются на радиосредства телевидения, которые нормируются отдельно. Предельно допустимые уровни ЕМП, которые создают телевизионные ра-

диостанции в диапазоне частот от 48 до 1000 МГц, определяются по формуле:

(2.56)

$$E_{\text{пду}} = 21 f^{-0,37},$$

где $E_{\text{пду}}$ — ПДУ напряженности УМП (электрической составляющей ЭМП), В/м;

f — несущая частота оцениваемого канала (канала изображения или сопровождения), МГц.

Таблица 21.2. Предельно допустимые уровни электромагнитных полей (непрерывное излучение, амплитудная или угловая модуляция)

№ диапазона	Метрическое распределение диапазонов	Частоты	Длина волн	ПДУ
5	Километровые волны (низкие частоты, НЧ)	30—300 кГц	10—1 км	25 В/м
6	Гектаметровые волны (средние частоты, СЧ)	0,3—3 МГц	1—0,1 км	15 В/м
7	Декаметровые волны (высокие частоты, ВЧ)	3—30 МГц	100—Юм	31gK В/м *
8	Метровые волны (очень высокие частоты, ОВЧ)	30—300 МГц	10—1 м	3 В/м

*Примечание. ? длина волны в метрах или $\text{ПДУ} = 7,43 \cdot 31 \lg f$, где f — частота в МГц.

Контроль интенсивности облучения должен проводиться не реже 1 раза в год, а также при вводе в действие новых или реконструируемых старых генераторных установок и при изменении условий труда.

21.5. Измерение напряжённости и плотности потока, мощности электромагнитных полей

Вблизи источников излучения (в зоне индукции) в диапазоне частот от 50 Гц до 30 МГц электромагнитное поле можно рассматривать как совокупность практически независимых электрического и магнитного полей. Поэтому приборы, работающие в этом диапазоне, должны измерять порознь напряженность электрического поля и напряженность магнитного поля.

Для измерения напряженностей поля применяют различные модификации прибора ИЭМП-1 (измерителя электромагнитного поля) в зависимости от диапазонов частот и измеряемых напряженностей.

Прибор состоит из усилительного блока, набора антенн для измерения электрической и магнитной составляющих поля, делителя напряжения.

Для измерения электрической составляющей применяют дипольную антенну, а для измерения магнитной составляющей — рамочную антенну. Антенна вносится в поле там, где нужно измерить его напряженность; изменяя положение антенны относительно силовых линий поля, добиваются максимального показания стрелки на шкале прибора.

Литература

1. Инженерная экология: Учебник/ Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002.
2. Безопасность жизнедеятельности. Ред. С.В. Белов. Учебник для техникумов и вузов. - М.: Высшая школа, 2004.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. - М.: "Знак", 2000.
4. Жилов Ю.Д., Куценко Г.И. Справочник по медицине труда и экологии. - М.: Высш. шк., 1995.
5. Кноринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. - С.-Петербург: Энергоатомиздат, 1992.
6. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. - М.: "Логос", 2001.
7. ГОСТ Р 50571.1 - 93. Электроустановки зданий. Основные положения. - М.: Госстандарт России, 1998.
8. ГОСТ Р 50571.2 - 94. Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. - М.: Госстандарт России, 1998.

9. ГОСТ Р 50571.3 - 94. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. - М.: Госстандарт России, 1998.
10. ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно-допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. - М.: Госстандарт России, 1988.
11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. - М.: Изд. "НЦ ЭНАС", 1999 и 2002.
12. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».- М.: Госстандарт России, 1983.
13. СНиП 11-12-88 «Защита от шума».
14. СНиП 23 – 05 – 95 «Естественное и искусственное освещение».
15. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
16. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».- М.: Госстандарт России, 1988.
17. Сан ПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
18. Березуцкий В.В. Основы охраны труда

Лекция 22

Ионизирующие излучения

22.1. Виды ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение — потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество. К ионизирующему излучению не относят видимый свет и ультрафиолетовое излучение, которые в отдельных случаях могут ионизировать вещество.

Инфракрасное излучение, излучение сантиметрового и радиодиапазонов не является ионизирующим, поскольку их энергии недостаточно для ионизации атомов и молекул в основном состоянии [1, 2, 3, 4, 5]

К ионизирующим относятся корпускулярные излучения, которые состоят из частичек с массой покоя, которая отличается от нуля (альфа- , бета-частички, нейтроны) и электромагнитные излучения (рентгеновское и гамма-излучение), которые при взаимодействии с веществами могут образовывать в

них ионы. Наиболее значимые из них [2,6,7,8]. Природные источники ионизирующих излучений [7, 8, 9].

Источниками ионизирующих излучений в промышленности являются установки рентгеноструктурного анализа, высоковольтные электровакуумные системы, радиационные дефектоскопы, толщиномеры, плотномеры и др.

Альфа-излучение — это поток ядер гелия, который излучается веществом при радиоактивном распаде ядер с энергией, которая не превышает нескольких мегаэлектронвольт (MeV). Эти частички имеют высокую ионизирующую и низкую проникающую способность.

Бета-частички (электронов и позитронов) — это поток электронов и протонов. Проникающая способность (2,5 см в живых тканях и в воздухе — до 18 м) бета- частичек выше, а ионизирующая — ниже, чем у альфа-частичек.

Нейтроны вызывают ионизацию веществ и вторичное излучение, которое состоит из заряженных частичек и гамма-квантов. Проникающая способность зависит от энергии и от состава веществ, которые взаимодействуют.

Гамма-излучение — это электромагнитное (фотонное) излучение с большой проникающей и малой ионизирующей способностью с энергией 0,0013 MeV.

Рентгеновское излучение — излучение, возникающее в среде, которая окружает источник бета-излучения, в ускорителях электронов и является совокупностью тормозного и характерного излучений, энергия фотонов которых не превышает 1 MeV. Характерным называют фотонное излучение с дискретным спектром, который возникает при изменении энергетического состояния атома.

Тормозное излучение — это фотонное излучение с непрерывным спектром, которое возникает при изменении кинетической энергии заряженных частичек.

Активность A радиоактивного вещества — это количество спонтанных ядерных превращений dN в этом веществе за малый промежуток времени dt , разделенное на этот промежуток:

$$K = dN / dt$$

Единицей измерения активности является **беккерель (Бк)**.

1 Бк — одно ядерное превращение за секунду.

Кюри (Ки) — специальная единица активности: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$. Степень ионизации оценивается экспозиционной дозой рентгеновского или гамма-излучения.

Экспозиционной дозой называется полный заряд dQ ионов одного знака, которые возникают в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, которые были образованы фотонами в малом объеме воздуха, разделенный на массу воздуха dm в этом объеме:

$$X = dQ / dm$$

Единицей измерения экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл/кг). Позасистемная единица — рентген (Р); $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$. Мощность экспозиционной дозы РЭКСП — это прирост экспозиционной дозы dX за малый промежуток времени dt , разделенный на этот промежуток:

$$P_{\text{эксп}} = dX / dt$$

Единица измерения — Кл/кг с.

Поглощенная доза D — это средняя энергия dE , которая передается излучением веществу в некотором элементарном объеме, разделенная на массу вещества в этом объеме:

$$D = dE / dm$$

Единица поглощенной дозы грей (Гр), равна 1 Дж/кг . Внесистемная единица — рад; $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

В связи с тем, что одинаковая поглощенная доза различных видов излучения вызывает в организме различный биологический эффект, введено понятие эквивалентной дозы H , которая позволяет определять радиационную опасность влияния излучения произвольного состава и определяется по формуле:

$$H = D * K_k,$$

где K_k — безразмерный коэффициент качества.

Единицей измерения эквивалентной дозы является зиверт (Зв); $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ (биологический эквивалент рада) — специальная единица эквивалентной дозы.

Согласно нормам радиационной безопасности НРБ 76/87 введен показатель, который характеризует ионизирующее излучение — керма. Керма K — это отношение суммы начальных кинетических энергий dE_K всех заряженных ионизирующих частиц в элементарном объеме вещества, к массе dm вещества в этом объеме:

$$K = dEk / dm$$

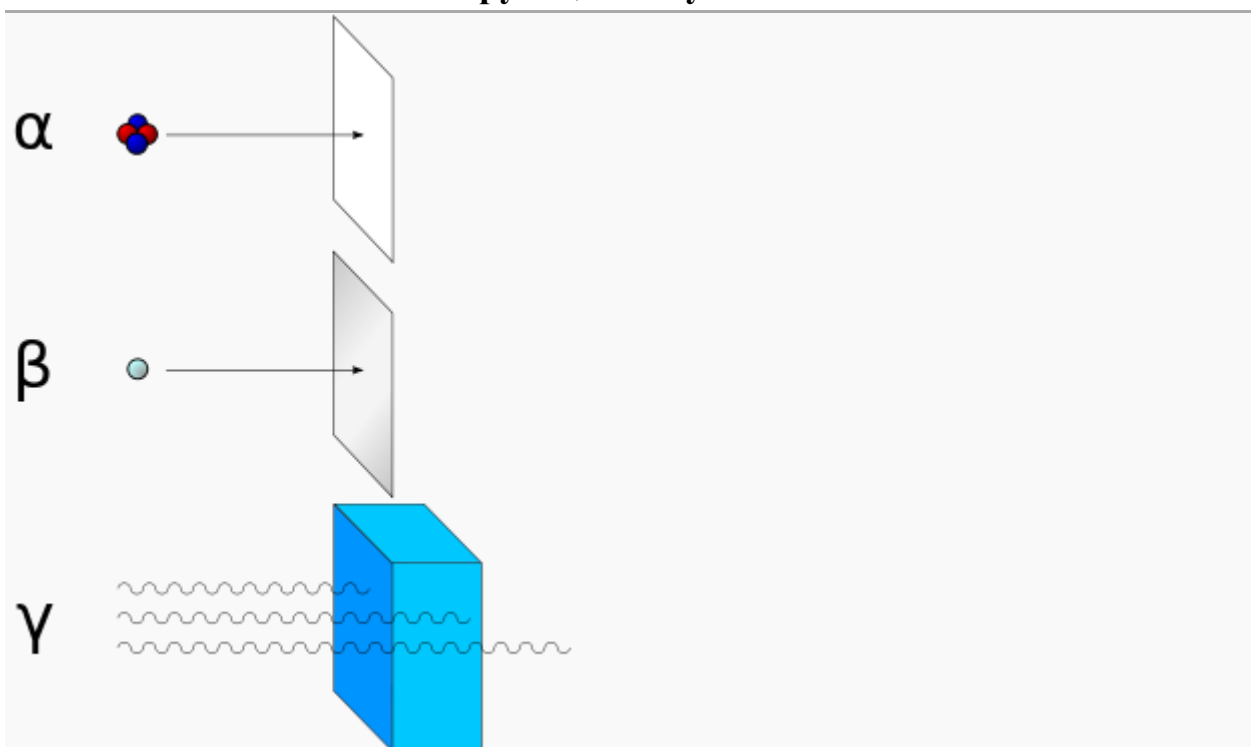
Керму измеряют теми же единицами, что и поглощенную дозу (Грей, рад).

Экспозиционная доза является мерой энергии, которая передается фотонами единицы массы воздуха в процессе взаимодействия, то есть одновременно связанное с кермой фотонного излучения в воздухе K :

$$K = X (w / e)$$

где, w — средний расход энергии на образование одной пары ионов;
 e — заряд электрона.

22.2. Свойства ионизирующих излучений



Альфа-излучение представляет собой поток альфа-частиц — ядер гелия-4. Альфа-частицы, рождающиеся при радиоактивном распаде, могут быть легко остановлены листом бумаги. Бета-излучение — это поток электронов, возникающих при бета-распаде; для защиты от бета-частиц энергией до 1 МэВ достаточно алюминиевой пластины толщиной в несколько миллиметров. Гамма-излучение обладает гораздо большей проникающей способностью, поскольку состоит из высокоэнергичных фотонов, не обладающих зарядом; для защиты эффективны тяжёлые элементы (свинцы т. д.), погло-

щающие МэВ-ные фотоны в слое толщиной несколько см. Проникающая способность всех видов ионизирующего излучения зависит от энергии.

По механизму взаимодействия с веществом выделяют непосредственно потоки заряженных частиц и косвенно ионизирующее излучение (потоки нейтральных элементарных частиц — фотонов и нейтронов). По механизму образования — первичное (рождённое в источнике) и вторичное (образованное в результате взаимодействия излучения другого типа с веществом) ионизирующее излучение.

Энергия частиц ионизирующего излучения лежит в диапазоне от нескольких сотен электронвольт (рентгеновское излучение, бета-излучение некоторых радионуклидов) до 10^{15} — 10^{20} и выше электронвольт (протоны космического излучения, для которых не обнаружено верхнего предела по энергии).

Длина пробега и проникающая способность сильно различаются — от микрометров в конденсированной среде (альфа-излучение радионуклидов, осколки деления) до многих километров (высокоэнергетические мюоны космических лучей).

Воздействие на конструкционные материалы

Длительное воздействие корпускулярных излучений или фотонных излучений сверхвысоких энергий может существенно изменять свойства конструкционных материалов. Изучением этих изменений занимается инженерная дисциплина *радиационное материаловедение*. Раздел физики, занимающийся исследованием поведения твердых тел под облучением, получил название *радиационная физика твердого тела*. Наиболее значимыми типами радиационных повреждений является:

- разрушение кристаллической решетки вследствие выбивания атомов из узлов;
- ионизация диэлектриков;
- Изменение химического состава веществ вследствие ядерных реакций.

Учет радиационных повреждений инженерных конструкций наиболее актуален для ядерных реакторов и полупроводниковой электроники, рассчитанной на работу в условиях радиации.

Воздействие на полупроводники

Современные полупроводниковые технологии чувствительны к ионизирующей радиации. Тем не менее они широко применяются в военной и космической технике, в ядерной промышленности. При этом используется ряд технологических, схмотехнических и программных решений, уменьшающих последствия радиационного воздействия.

Основные типы радиационных повреждений, приводящих к разовым или необратимым отказам полупроводников:

- Накопление электрического заряда в подзатворных диэлектриках вследствие ионизации. Приводит к смещению порога открывания полевых транзисторов и долговременному отказу. Уменьшение топологических норм увеличивает стойкость к такого типа повреждениям.
- Стеkanie заряда в EEPROM и Flash памяти вследствие ионизации диэлектрика «кармана». Приводит к потере данных. Борются резервированием, избыточным кодированием и использованием других видов памяти.
- Фотоэффект на p-n переходах (аналогично солнечным батареям). Увеличивает паразитные утечки и ложные сигналы. Для борьбы с этим явлением используются специальные технологии, например изоляция компонентов диэлектриком.
- Космические тяжелые заряженные частицы (ТЗЧ) высоких энергий, ионизируя атомы, рожают в полупроводнике лавину электронов. Это может приводить к изменению состояния цифровых схем и мощным помехам в аналоговых схемах. В худшем случае к пробое изоляторов или тиристорному защелкиванию приборов с изоляцией p-n переходом. С последним борются изоляцией диэлектриком; изоляцией двумя p-n переходами (triple-well процесс); контролем тока потребления узлов с перезапуском по аварийному росту потребления.
- Разрушение кристаллической структуры и изменение химического состава полупроводниковых приборов.

Химическое действие ионизирующего излучения

Ионизирующее излучение может вызывать химические превращения вещества. Такие превращения изучает радиационная химия. Под действием ионизирующего излучения происходят следующие превращения. Превращение молекул кислорода в молекулы озона, из-за чего металлы быстро окисляются.

- Разложение воды на кислород и водород с образованием некоторого количества перекиси водорода.
- Превращение аллотропических модификаций в более устойчивые: белого фосфора в красный, белого олова в серое, алмаза в графит.
- Разложение на простые вещества газов — углекислого газа, сернистого газа, сероводорода, хлороводорода, аммиака.
- Полимеризация соединений, содержащих двойные и тройные связи.

Биологическое действие ионизирующих излучений

Разные типы ионизирующего излучения обладают разным разрушительным эффектом и разным способом воздействия на биологические ткани. Соответственно, одной и той же поглощённой дозе соответствует разная биологическая эффективность излучения. Поэтому для описания воздействия излуче-

ния на живые организмы вводят понятие относительной биологической эффективности излучения, которая измеряется с помощью коэффициента качества. Для рентгеновского, гамма- и бета-излучений коэффициент качества принят за 1. Для альфа-излучения и осколков ядер коэффициент качества 10...20. Нейтроны — 3...20 в зависимости от энергии. Для заряженных частиц биологическая эффективность прямо связана с линейной передачей энергии данного типа частиц (средняя потеря энергии частицей на единицу длины пробега частицы в ткани).

22.3. Влияние ионизирующих излучений на организм человека

Степень биологического влияния ионизирующего излучения зависит от поглощения живой тканью энергии и ионизации молекул, которая возникает при этом.

Во время ионизации в организме возникает возбуждение молекул клеток. Это предопределяет разрыв молекулярных связей и образование новых химических связей, несвойственных здоровой ткани. Под влиянием ионизирующего излучения в организме нарушаются функции кроветворных органов, растет хрупкость и проницаемость сосудов, нарушается деятельность желудочно-кишечного тракта, снижается сопротивляемость организма, он истощается.

Нормальные клетки перерождаются в злокачественные, возникают лейкоз, лучевая болезнь. Одноразовое облучение дозой 25—50 бер предопределяет необратимые изменения крови. При 80—120 бер появляются начальные признаки лучевой болезни. Острая лучевая болезнь возникает при дозе облучения 270—300 бер.

Облучение может быть внутренним, при проникновении радиоактивного изотопа внутрь организма, и внешним; общим (облучение всего организма) и местным; хроническим (при действии в течение длительного времени) и острым (одноразовое, кратковременное влияние).

22.4. Нормирование ионизирующих излучений

Допустимые уровни ионизирующего излучения регламентируются „Нормами радиационной безопасности” НРБ 76/87 и "Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения" ОСП 72/87.

Согласно этим нормативным документам облучаемые лица разделяются на следующие категории;

А — персонал — лица, которые постоянно или временно работают с источниками ионизирующего излучения;

Б — ограниченная часть населения — лица, которые не работают непосредственно с источниками излучений, но по условиям проживания или расположения рабочих мест могут подлежать облучению;

В — население области, страны.

По степени снижения чувствительности к ионизирующему излучению установлено 3 группы критических органов, облучение которых влечет за собой наибольший убыток здоровью:

I — все тело, гонады и красный костный мозг;

II — щитовидная железа, мышцы, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаз;

III — кожа, кости, предплечье, икры, стопы.

Дозы облучения приведены в табл. 22.1.

В зависимости от группы критических органов для категории А установлена предельно допустимая доза (ПДД) за год, для категорий Б — граница дозы (ГД) за год.

Таблица 22.1. Дозы внешнего и внутреннего облучений

Границы доз,	Группа критических органов		
	I	II	III
бер за год	5	1,5	30
ПДД для лиц категории А	5	1,5	30
ГД для лиц категории Б	0,5	1,5	3

ПДД — наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном влиянии в течение 50 лет не вызывает в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, которые выявляются современными методами.

Эквивалентная доза Н (бер), накопленная в критическом органе за время Т (лет) с начала профессиональной работы, не должна превышать значения, полученного по формуле:

$$H = ПДД * T$$

В среднем нормальное облучение человека от естественного радиоактивного фона, который состоит из космического излучения; излучения естественно распределенных радиоактивных веществ на поверхности Земли, в приземной атмосфере, в продуктах питания, воде и тому подобное, составля-

ет в течение года приблизительно 0,1 рад. При работе с рентгеновскими установками (для структурного анализа, дефектоскопии) нормируется мощность экспозиционной дозы $R_{\text{эксп}}$ на рабочих местах.

Например, при работе электронных ламп — $14,3 \cdot 10^{-10}$ Кл/кг с (20 МР/час), около видеоконтрольного устройства телевизионной системы на стороне, обращенной к оператору — $0,736 \cdot 10^{-10}$ Кл/кг -с (0,5 МР/час). Для установок, в которых рентгеновское излучение является второстепенным фактором (электронно-лучевые установки для плавления, сварки и других видов электронной обработки металлов), нормируемое значение $R_{\text{эксп}}$ составляет для рабочей недели длительностью 41 час $0,206 \cdot 10^{-10}$ Кл/кг с (0,288 МР/час), 36 часов — $0,18 \cdot 10^{-10}$ Кл/кг час (0,252 МР/час).

(В.Ц. Жидецкий Основы охраны труда)

22.5. Защита от ионизирующих излучений

Защита от ионизирующих излучений может осуществляться путем использования следующих принципов:

- использование источников с минимальным излучением путем перехода на менее активные источники, уменьшение количества изотопа;
- сокращение времени работы с источником ионизирующего излучения;
- отдаление рабочего места от источника ионизирующего излучения;
- экранирование источника ионизирующего излучения.

Экраны могут быть передвижные или стационарные, предназначенные для поглощения или ослабления ионизирующего излучения. Экранами могут служить стенки контейнеров для перевозки радиоактивных изотопов, стенки сейфов для их хранения.

Альфа-частицы экранируются слоем воздуха толщиной несколько сантиметров, слоем стекла толщиной несколько миллиметров. Однако, работая с альфа-активными изотопами, необходимо также защищаться и от бета- и гамма-излучения.

С целью защиты от бета-излучения используются материалы с малой атомной массой. Для этого используют комбинированные экраны, в которых со стороны источника располагается материал с малой атомной массой толщиной, которая равна длине пробега бета-частиц, а за ним — с большей массой.

С целью защиты от рентгеновского и гамма-излучения применяются материалы с большой атомной массой и с высокой плотностью (свинец, вольфрам). Для защиты от нейтронного излучения используют материалы, которые

содержат водород (вода, парафин), а также бор, бериллий, кадмий, графит. Учитывая то, что нейтронные потоки сопровождаются гамма-излучением, следует использовать комбинированную защиту в виде слоистых экранов из тяжелых и легких материалов (свинец-полиэтилен).

Действенным защитным средством является использование дистанционного управления, манипуляторов, роботизированных комплексов. В зависимости от характера выполняемых работ выбирают средства индивидуальной защиты: халаты и шапочки из хлопковой ткани, защитные передники, резиновые рукавицы, щитки, средства защиты органов дыхания (респиратор „Лепесток”), комбинезоны, пневмокостюмы, резиновые сапоги. Действенной мерой обеспечения радиационной безопасности является дозиметрический контроль по уровням облучения персонала и по уровню радиации в окружающей среде.

Оценка радиационного состояния осуществляется при помощи приборов, принцип действия которых базируется на следующих методах:

- ионизационный (измерение степени ионизации среды);
- сцинтиляционный (измерение интенсивности световых вспышек, возникающих в веществах, которые люминисцируют при прохождении через них ионизирующих излучений);
- фотографический (измерение оптической плотности почернения фотопластишки под действием излучения);
- калориметрические методы (измерение количества тепла, которое выделяется в поглощающем веществе).

Литература

1. Гусев Н. Г., Климанов В. А., Машкович В. П., Суворов А. П. Защита от ионизирующих излучений. В 2-х томах. М., Энергоатомиздат, 1989
2. Перейти к:^{1 2} Ионизирующие излучения и их измерения. Термины и понятия. М.: Стандартинформ, 2006.
3. Моисеев А. А., Иванов В. И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. 2-е изд., перераб. и доп. М., Атомиздат, 1974
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) Минздрав России, 2009.
5. Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена, «Обеспечение жизнедеятельности людей в чрезвычайных ситуациях. Выпуск 1: Чрезвычайные ситуации и их поражающие факторы». С.-Петербург, изд. «Образование», 1992.

6. Гусев Н. Г., Климанов В. А., Машкович В. П., Суворов А. П. Защита от ионизирующих излучений. В 2-х томах. М., Энергоатомиздат, 1989
7. Перейти к: ¹/₂ Зигбан К., ред. Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия. Пер. с англ. М., Атомиздат, 1969.
8. Перейти к: ¹/₂ Волков Н. Г., Христофоров В. А., Ушакова Н. П. Методы ядерной спектрометрии. М. Энергоатомиздат, 1990.
9. Абрамов А. И., Казанский Ю. А., Матусевич Е. С. Основы экспериментальных методов ядерной физики. 3-е изд., перераб. и доп. М., Энергоатомиздат, 1985

Лекция 23

Лазерное излучение, гигиеническое нормирование. Средства и методы защиты.

23.1. Общие замечания

Этим термином называется излучение видимого диапазона волн (0,4—0,77 мкм), а также граничащих с ним диапазонов инфракрасного (ИК) с длиной волны 0,77—0,1 мкм и ультрафиолетового (УФ) с длиной волны 0,4—0,05 мкм.

Таким образом, со стороны длинных волн между оптическим диапазоном и СВЧ лежит малоизученный и пока что малоиспользуемый диапазон субмиллиметровых волн (0—0,1 мм), а со стороны коротких волн — переход к рентгеновскому излучению.

Радиоэлектронные приборы, как и любые другие, имеют КПД меньше 100%, и часть энергии источников питания расходуется на покрытие потерь и в конечном счете переходит в тепло, то есть, в ИК-излучение.

Источниками ИК-излучения является ряд элементов и узлов радиоаппаратуры — электровакуумные, полупроводниковые и квантовые приборы, индуктивности, резисторы, трансформаторы, соединительные провода и тому подобное. Аналогичным образом электровакуумные приборы в стеклянных баллонах дают излучение в видимой области спектра. Но такого рода излучения сравнительно малой интенсивности и не оказывают заметного экологического влияния. Это касается и некогерентного УФ-излучения, которое используется в технологическом процессе фотолитографии при производстве микросхем.

Лазерное излучение имеет ряд особенностей. Оно характеризуется большой временной и пространственной когерентностью — корреляцией (совместимостью) фаз колебаний в некоторой точке пространства на опреде-

ленную величину момента времени, а также корреляцией фаз колебаний в различных точках пространства в один и тот же момент времени.

Временная когерентность предопределяет монохроматичность излучения, которое вытекает из самого принципа действия лазера как квантового прибора. В реальных условиях по ряду причин величина спектра лазерного излучения ограничена, хотя и достаточно велика. Пространственная когерентность предопределяет высокую направленность лазерного излучения, то есть имеет малое угловое расширение луча на больших расстояниях. В связи с малой длиной волны лазерное излучение может быть сфокусировано оптическими системами (линзами и зеркалами) небольших геометрических размеров, ограниченных дифракцией, благодаря чему на малой площади достигается высокая плотность излучения. Указанные свойства являются основанием для широкого использования лазеров. С их помощью осуществляется многоканальная связь на большие расстояния (причем количество каналов здесь в десятки тысяч раз может превышать возможности СВЧ диапазона), лазерная локация, дальнометрия, быстрая проработка информации.

23.2. Физическая сущность лазерного излучения

Лазер (от английского *Lighting amplification by stimulated emission of radiation*) - устройство, предназначенный для выработки и усиления электромагнитной энергии оптического диапазона частот с использованием процесса управляемой индукционной эмиссии. Он работает на принципе индуцированного излучения, получаемого при оптической накачке (например, воздействием импульсов света) термически неравновесной (активной) среды, в качестве которой служат диэлектрические кристаллы, стекло, газы, полупроводники и плазма.

Отдельные атомы таких материалов при попадании на них фотона обладают свойствами перехода с верхнего энергетического уровня на нижний уровень с испусканием двух фотонов, индуцированных с той же частотой, поляризацией и направлением распространения.

Примером может служить рубиновый оптический квантовый генератор, в котором рабочим телом является рубин. Мощность в импульсе составляет около 100 МВт при мощности на возбуждение около 20 кВт/см³, а температура, создаваемая лазерным пучком, может достигать 1015 К (примерно в 1011 раз больше температуры Солнца).

Существуют и другие виды лазеров с твердым телом, например из ниодимового стекла, флюоритита кальция с примесью атомов таких редкоземельных элементов, как диспрозий, самарий и пр. (длина волны излучения

равна 1,06 мкм), или газовые лазеры, например гелий - ниодимовые лазеры (длина волны излучения равна 632,8 нм; 1,15 и 3,39 мкм) и др.

23.3. Опасные и вредные факторы лазерного излучения

В процессе изготовления, испытания и эксплуатации лазерных изделий на обслуживающий персонал могут воздействовать физические, химические и психофизиологические опасные и вредные факторы.

Физические факторы:

- Лазерное излучение (прямое, рассеянное, зеркальное или диффузно отраженное);
- Высокое напряжение в цепях управления и источниках электропитания лазера (лазерных установок);
- Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации от импульсных ламп накачки или кварцевых газоразрядных трубок в рабочей зоне;
- Повышенная яркость света от импульсных ламп накачки и зоны взаимодействия лазерного излучения с материалом мишени;
- Повышенный шум и вибрация на рабочем месте, возникающие при работе лазера (лазерной установки);
- Повышенный уровень ионизирующего рентгеновского излучения от газоразрядных трубок и др. элементов, работающих при анодном напряжении более 5 кВ;
- Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ - и СВЧ - диапазонов в рабочей зоне;
- Повышенный уровень инфракрасной радиации в рабочей зоне;
- Повышенная температура поверхностей оборудования;
- Взрывоопасность в системах накачки лазеров;
- Возможность взрывов и пожаров при попадании лазерного излучения на горючие материалы.

Химические факторы:

- Загрязнение воздуха рабочей зоны продуктами взаимодействия лазерного излучения с мишенью и радиолиза воздуха (озон, окислы азота и др);
- Токсические газы и пары от лазерных систем с прокачкой хладагентов и др.

Психофизиологические факторы :

- Монотония, гипокинезия, эмоциональная напряженность, психологический дискомфорт;
- Локальные нагрузки на мышцы и кисти предплечья; напряженность анализаторных функций (зрение, слух).

·23.4. Классы лазеров по опасности излучения и их вредности

Таблица 1

К	Выходные излучения лазера
класс лазера	
I	Не представляет опасности для глаз и кожи
II	Представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркальным отражением излучения
III	Представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркальным отражением излучения, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и (или) при облучении кожи прямым или зеркальным отражением излучения
IV	Представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

Наличие опасных и вредных факторов в зависимости от класса лазера (классы лазеров приведены в табл. 1) приведено в табл. 2.

23.5. Влияние лазерного излучения на живые ткани, организм и здоровье человека

Лазерное излучение представляет собой вид электромагнитного излучения, генерируемого в оптическом диапазоне длин волн $0,1 \dots 1000$ мкм. Отличие его от других видов излучения заключается в монохромности, когерентности и высокой степени направленности. Благодаря малой расходимости луча лазера плотность потока мощности может достигать $10^{16} \dots 10^{17}$ Вт/м².

Эффекты воздействия (тепловой, фотохимический, ударно - акустический и др.) определяются механизмом взаимодействия лазерного излучения с тканями и зависят от энергетических и временных параметров излучения, а также от биологических и физики - химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Таблица 2

Опасные и вредные производственные факторы	классы лазера			
	I	II	III	IV
Лазерное излучение	-	+	+	
Прямое, зеркальное отраженное	-	-	+	
Диффузно отраженное				
Повышенная напряженность электрического поля	-(+)	+	+	
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зона	-	-	- (+)	
Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	-	-	- (+)	
Повышенная яркость света	-	-	- (+)	
Повышенные уровни шума и вибрации	-	-	- (+)	
1	2	3	4	
Повышенный уровень ионизирующих излучений	-	-	-	
Повышенный уровень электромагнитных излучений ВЧ - и СВЧ - диапазонов	-	-	-	(+)
Повышенный уровень инфракрасной радиации	-	-	- (+)	
Повышенная температура поверхностей оборудования	-	-	- (+)	
Химические опасные и вредные производственные факторы	При работе с токсичными веществами			

Лазерное излучение представляет особую опасность для тканей, максимально поглощающих излучение. Сравнительно легкая уязвимость роговицы и хрусталика глаза, а также способность оптической системы глаза многократно увеличивать плотность энергии(мощность) излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона ($780 < \lambda < 1400$ нм) на глазном дне по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом.

При повреждении появляется боль в глазах, спазм век, слезотечение, отек век и глазного яблока, помутнение сетчатки, кровоизлияние. Клетки сетчатки после повреждения не восстанавливаются.

Ультрафиолетовое излучение вызывает фотокератит, средневолновое инфракрасное излучение($1400 < \lambda < 3000$ нм) может вызвать отек, катаракту и ожог роговой оболочки глаза; дальнее ИК - излучение ($3000 < \lambda < 10^6$ нм) - ожог роговицы.

Повреждение кожи может быть вызвано лазерным излучением любой длины волны в спектральном диапазоне 180...100000 нм. Характер поражения кожи аналогичен термическим ожогам. Степень тяжести повреждения кожи, а в некоторых случаях и всего организма, зависит от энергии излучения, длительности воздействия, площади поражения, ее локализации, добавления вторичных источников воздействия (горение, тление). Минимальное повреждение кожи развивается при плотности энергии 1000...10000 Дж/м².

Лазерное излучение дальней инфракрасной области (>1400 нм) способно проникать через ткани тела на значительную глубину, поражая внутренние органы (прямое лазерное излучение).

Длительное хроническое действие диффузно отраженного лазерного излучения нетепловой интенсивности может вызывать неспецифические, преимущественно вегетативно - сосудистые нарушения; функциональные сдвиги могут наблюдаться со стороны нервной, сердечно - сосудистой системы, желез внутренней секреции. Работающие жалуются на головные боли, повышенную утомляемость, раздражительность, потливость.

23.6. Нормирование лазерного излучения

Основными нормативными правовыми актами при оценке условий труда являются:

"Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров" № 2392-81; методические рекомендации "Гигиена труда при работе с лазерами", утвержденные МЗ РСФСР 27.04.81 г.;

ГОСТ 24713-81 "Методы измерений параметров лазерного излучения. Классификация"; ГОСТ 24714-81 "Лазеры. Методы измерения параметров излучения. Общие положения"; ГОСТ 12.1.040-83 "Лазерная безопасность.

Общие положения"; ГОСТ 12.1.031 -81 "Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения".

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного, санитарно-гигиенического характера.

При использовании лазеров II-III классов в целях исключения облучения персонала необходимо либо ограждение лазерной зоны, либо экранирование пучка излучения. Экраны и ограждения должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

Лазеры IV класса опасности размещаются в отдельных изолированных помещениях и обеспечиваются дистанционным управлением их работой.

При размещении в одном помещении нескольких лазеров следует исключить возможность взаимного облучения операторов, работающих на различных установках. Не допускаются в помещения, где размещены лазеры, лица, не имеющие отношения к их эксплуатации. Запрещается визуальная юстировка лазеров без средств защиты.

Для удаления возможных токсических газов, паров и пыли оборудуется приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. Для защиты от шума принимаются соответствующие меры звукоизоляции установок, звукопоглощения и др.

К индивидуальным средствам защиты, обеспечивающим безопасные условия труда при работе с лазерами, относятся специальные очки, щитки, маски, обеспечивающие снижение облучения глаз до ПДУ.

Средства индивидуальной защиты применяются только в том случае, когда коллективные средства защиты не позволяют обеспечить требования санитарных правил.

23.7. Методы защиты от лазерного излучения

К организационным защитным мероприятиям относятся:

- Организация рабочих мест с определением всех необходимых защитных мероприятий и учетом специфики конкретных обстоятельств использования лазерных установок;
- Обучение персонала и контроль знаний правил техники безопасности;
- Организация медицинского контроля и т.д.

Технические мероприятия и средства защиты подразделяются на коллективные и индивидуальные. Коллективные включают в себя:

- Средства нормализации внешней среды;
- Автоматические системы управления технологическим процессом;
- Использование предохранительных устройств, приборов, различных

ограждений лазерно - опасной зоны;

- Использование телеметрических и телевизионных систем наблюдения;
- Применение заземления, зануления, блокировки и т.д.

Лекция 24

Средства индивидуальной защиты

24.1. Общие сведения

Согласно разным источникам, от 10 до 15% всех травм со смертельным исходом происходит из-за отсутствия, неприменения или технического несовершенства СИЗ. При этом 14% острых профессиональных отравлений происходит из-за неприменения СИЗ, что лишний раз подтверждает необходимость использования СИЗ при работах во вредных и опасных условиях.

При проведении работ в нормальном режиме средства индивидуальной защиты чаще всего используются как дополнительные вспомогательные средства общего комплекса средств защиты, но при проведении аварийных, аварийно-спасательных, ремонтных работ и выполнении работ в экстремальных условиях, например, при низких и повышенных температурах, средства индивидуальной защиты выступают как основное, а зачастую и единственное средство обеспечения безопасности работающего в общей системе организации безопасного ведения работ.

Одним из важнейших требований к средствам индивидуальной защиты, помимо надежного снижения до допустимых величин или полного предотвращения влияния опасных и вредных производственных факторов на организм человека, является отсутствие или минимально возможный уровень отрицательного влияния самих средств индивидуальной защиты на жизненно важные функциональные системы организма и на результативность трудового процесса. Другими словами, средства индивидуальной защиты не должны «мешать» работать, вызывая дополнительное напряжение адаптационных возможностей человека.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяют тогда, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией и размещением оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты. В соответствии с Законом ДНР „Об охране труда“ на работах с вредными и опасными условиями труда, в особых температурных условиях, в загрязненной среде рабочим и служащим бесплатно выдаются спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты.

Перечень работ и профессий, дающих право на получение СИЗ, составляется на основании отраслевых норм администрацией предприятия и согла-

совывается с местными органами госнадзора по охране труда. Порядок выдачи, хранения и использования СИЗ определяется „Положением о порядке обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

24.2. Общие требования к СИЗ

Шахтер должен быть защищен от травм и внутренних повреждений. К спецодежде применяются такие условия, к примеру, рукавицы должны защищать руки от вибрации и от части еще поглощать. Полностью вся роба должна, уменьшать вибрацию и нагрузку на позвоночник, коленные суставы, рабочие ботинки должны быть из особого гигиенического материала, с улучшенными защитными и гигиеническими свойствами. Индивидуальная защита важна на любом производстве, но в шахте, когда человек находится в сотнях метрах под землей и добывает необходимый материал из земли и любая ошибка может стать фатальной, спец одежда играет очень важную роль. Так как после работы от вибрации может быть много расстройств и повреждений от вибрации, индивидуальные средства рассчитаны уменьшить такое влияние на организм. Так что не стоит пренебрегать такими средствами специальной защиты, знаю многие на свой страх и риск, будь то от жары или от неудобства одежды, пытаются работать без спецовки - это очень опасно!

Материалы, используемые для их изготовления, а также вещества и продукты, которые могут выделяться при их эксплуатации, не должны причинять вреда здоровью человека и окружающей среде, и должны соответствовать установленным санитарно-гигиеническим требованиям. СИЗ должны быть легкими, но не в ущерб прочности конструкции и эффективности их использования. СИЗ должны иметь конструкцию, максимально соответствующую физиологии пользователя, его физическим особенностям и тяжести предполагаемой работы, а также климатическим/микроклиматическим условиям окружающей среды, для которых они предназначены. СИЗ должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы в предусмотренных условиях их применения по назначению, пользователь мог осуществлять нормальную деятельность, в процессе которой он был бы адекватно и эффективно защищен от соответствующих типов риска. СИЗ должны быть снабжены этикеткой (маркировкой), информирующей пользователя об изготовителе, области применения продукции, о сроках и условиях применения и хранения, а также предупреждающей о мерах безопасности при эксплуатации продукции

24.3. Классификация и виды СИЗ

СИЗ подразделяются на средства защиты органов дыхания, спецодежду, спецобувь, средства защиты рук, головы, лица, глаз, органов слуха, кожи,

средства защиты от падения с высоты и др. Выбор СИЗ зависит от комплекса негативных факторов, характерных для конкретного вида работ.

Защита органов дыхания осуществляется при помощи противогазов и респираторов. По принципу действия противогазы подразделяются на фильтрующие и изолирующие. Фильтрующие подают в зону дыхания очищенный от примесей воздух рабочей зоны, изолирующие используют воздух из специальных емкостей или чистого пространства, расположенного вне рабочей зоны. В фильтрующих противогазах воздух очищается от вредных веществ при прохождении его через фильтрующую коробку. Работать с использованием фильтрующих противогазов более 3 часов в течении рабочего дня не допускается. В случае наличия в воздухе неизвестных веществ, или значительного содержания вредных веществ (больше 0,5/> по объему), а также при уменьшенном содержании кислорода (меньше 18 при норме 21%) применять фильтрующие противогазы нельзя. В этих случаях, а также при работах в колодцах и емкостях применяют только изолирующие противогазы: шланговые (подача воздуха для дыхания из чистой зоны по шлангу), или автономные (с генерацией или без генерации кислорода).

Респиратор — облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей. Он, как правило, состоит из двух частей, полумаски, изолирующей органы дыхания от загрязненной атмосферы, и фильтрующей части. По назначению респираторы подразделяются на противогазовые, противопылевые и универсальные.

Наиболее часто в различных отраслях промышленности используются, противопылевые респираторы ШБ-1 "Лепесток" (отечественный аналог "Росток", У-2к, Ф-62Ш; противогазовый — РПГ-67; универсальный — РУ-60МУ (отечественный аналог „Тополь“) (рис.24.1).



Рис. 24.1. Респираторы: а — „Лепесток**»; б — РУ-60; в — Ф-62Ш; г — У-2к

К спецодежде относятся: куртки, штаны, комбинезоны, халаты, плащи и др. При выполнении ряда производственных операций необходимо носить спецодежду, сшитую из специальных материалов для обеспечения безопасности от воздействий различных веществ и материалов, с которыми приходится работать, теплового и других излучений. Требования, предъявляемые к спецодежде, заключаются в обеспечении наибольшего комфорта для человека, а также желаемой безопасности. При некоторых видах работ для предохранения спецодежды могут использоваться фартуки, например, в работе с охлаждающими и смазочными материалами, при тепловых воздействиях и т. д. В других условиях возможно применение специальных нарукавников.

Этим требованиям удовлетворяют широко применяемые в настоящее время для изготовления спецодежды ткани из натуральных волокон вместе с синтетическими, обработанные специальными составами. Для работы в условиях обводненных выработок спецодежда изготавливается из прорезиненных тканей или тканей с резиновым покрытием.

В соответствии с ГОСТ 12.4.103-80 специальная одежда в зависимости от защитных свойств подразделяется на группы (подгруппы), которые имеют следующие обозначения:

- М — для защиты от механических повреждений;
- З — от общих производственных загрязнений;
- Т — от повышенной или пониженной температуры;
- Р — от радиоактивных веществ;
- И — от рентгеновского излучения;
- Э — от электрических полей;
- П — от нетоксичных веществ (пыли);
- Я — от токсичных веществ;
- В — от воды;
- К — от кислот; Щ — от щелочей;
- О — от органических растворителей;
- Н — от нефти, нефтепродуктов, масел и жиров;
- Б — от вредных биологических факторов.

Исходя из необходимых защитных свойств, выбираются материалы для изготовления спецодежды.

Спецодежда шахтёров должна быть воздухо- и паропроницаема, водонепроницаема, не должна стеснять движения рабочего. Ткани, из которых изготавливается спецодежда, должны быть прочными, носкими, мягкими, легкими, не должны вызывать раздражения кожи и должны легко очищаться от загрязняющих веществ.

В соответствии с ГОСТами для горнорабочих предусмотрены следующие виды спецодежды:

1. костюм шахтерский, состоящий из куртки и брюк, предназначенный для рабочих, занятых на сухих работах;
2. костюм, состоящий из куртки, брюк, утепленного жилета и головного убора (подкасника), предназначенный для работающих в шахтах на пологих маломощных пластах;
3. костюм водонепроницаемый, состоящий из куртки, брюк и головного убора (капюшона или шляпы), предназначенных для работающих в обводненных условиях и шахтах.

Специальная обувь классифицируется в зависимости от защитных свойств аналогично спецодежде. Она подразделяется на сапоги, полусапоги, ботинки, полуботинки, валенки, бахилы. Ее применяют при следующих работах: с тяжелыми предметами; в строительстве; в условиях, где существует риск падение предметов; в литейном, кузнечном, сталелитейном производствах и т. п.; в помещениях, где полы залиты водой, маслом и др

Некоторые типы спецобуви снабжены усиленной подошвой, предохраняющей стопу от острых предметов (таких как торчащий гвоздь).

Обувь со специальными подметками предназначена для тех условий труда, при которых существует риск травмы при падении на скользком полу, залитым водой или маслом. Находит применение специальная виброзащитная обувь, защитная обувь для шахтёров.

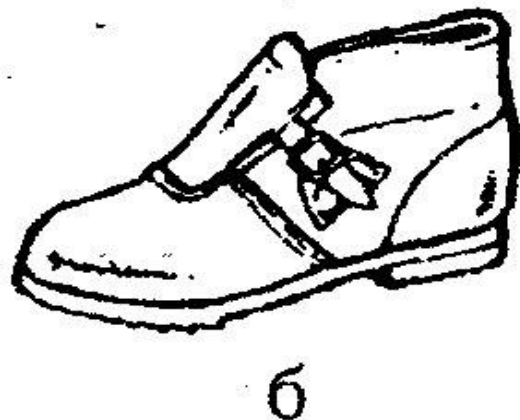


Рис. 24.2. Специальная обувь

а — для защиты от механических воздействий, низких температур, нетоксичной пыли и нефтяных масел; б — для защиты от контакта с нагретыми поверхностями.

Для защиты ног шахтёров от механических повреждений, температурных воздействий (ожогов, перегрева, охлаждения, промокания), от действия различных агрессивных веществ, электрического тока выпускаются следующие виды спецобуви: сапоги резиновые клееные проходческие, предназначенные для проходчиков, работающих в обводненных шахтах; сапоги резиновые клееные горняцкие, предназначенные для работающих в обводненных шахтах при ведении работ по крепким породам; сапоги резиновые формовые с жесткими носками, предназначенные для работ в очистных и подготовительных забоях обводненных шахт.

Кроме того, изготавливаются чуни резиновые формовые с рифленой подошвой, предназначенные для применения в качестве облегченной шахтерской обуви в сухих шахтах, особенно на крутых пластах. Помимо указанной обуви предусмотрено использование также кожаных сапог и полусапог общего назначения.

Средства защиты рук — это различные виды рукавиц, перчаток, напальчников, наладонников. Рукавицы и перчатки изготавливают из хлопка, льна, кожи, кожзаменителя, резины, асбеста, полимеров и др. Большую часть средств защиты рук от механических воздействий составляют комбинированные рукавицы (рис.24.3.). Средства защиты рук по защитным свойствам классифицируются в соответствии с единой классификацией (ГОСТ 12.4.103-80) аналогично спецодежде и спецобуви.

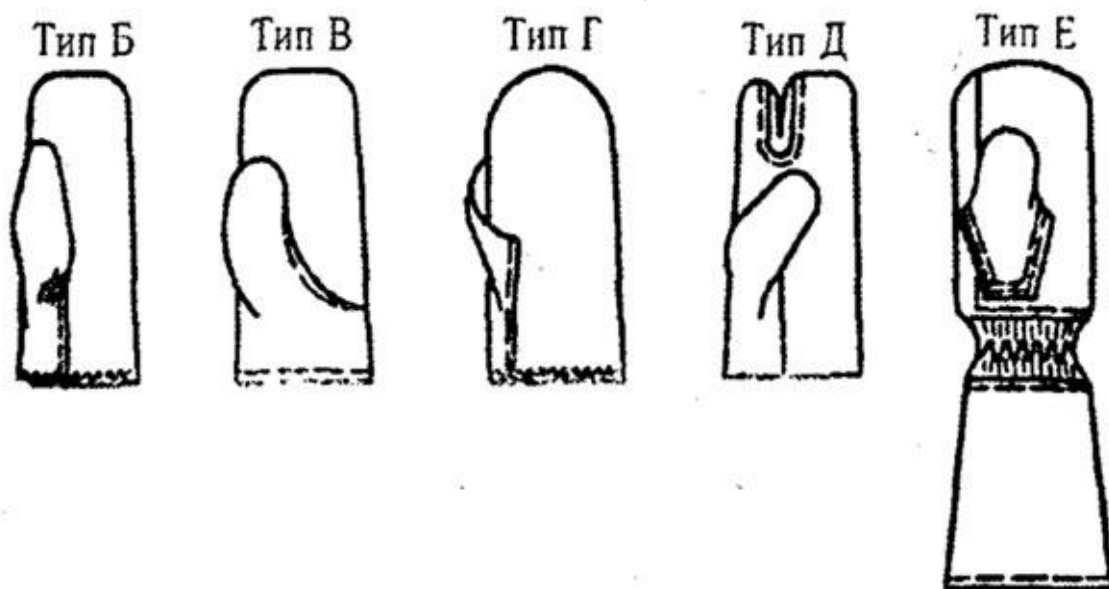


Рис. 24.3. Типы рукавиц

Для защиты рук изготавливаются рукавицы трех типов: А - с одним напалком, расположенным на месте большого пальца; Б - с одним напалком, расположенным сбоку по перегибу рукавицы, предназначенной как для правой, так и для левой руки; В - с двумя напалками, расположенными на месте большого и указательного пальцев. Предусматриваются также накладки на ладонной и тыльной частях, а также на напалках.

Средства защиты головы позволяют предупредить травмирование головы при выполнении монтажных, строительных, погрузочно-разгрузочных работ, при добыче полезных ископаемых.

Наиболее распространенные средства защиты головы — каски, которые подразделяются на: каски защитные общего назначения (каска строительная стеклопластиковая, текстолитовая), каски шахтерские, каски специального назначения (для электросварщиков).

Для защиты головы от ударов для шахтеров предусмотрены три класса касок: А - для подземных рабочих; Б - для проходчиков и рабочих по обслуживанию вертикальных стволов шахт; В - для рабочих поверхности шахт. В настоящее время изготавливаются полиэтиленовые каски: класса А - «Донбасс-4», «Шахтер-1», «Шахтер-2»; класса Б - «Дон»; класса В - головной убор «Дружба».

Каски изготавливаются трех типоразмеров, определяемых длиной окружности по внутренней оснастке: I – 54-57 см; II – 58-62 см; III – 62-66 см. Проветривание подкасочного пространства достигается за счет кольцевого зазора между внутренней поверхностью корпуса и околышем амортизирующей оснастки. Масса касок 400 г, а каски «Дон» - 450 г..

К средствам защиты лица относятся ручные, наголовные и универсальные щитки. Наиболее часто на производстве используются: щиток электросварщика универсальный ШЭУ-і, щиток защитный ЩЗ, защитная маска С-40, защитная сетчатая маска С-39.

Для защиты глаз от твердых частичек, брызг кислот, щелочей и других химических веществ, а также излучений применяют такие средства индивидуальной защиты, как очки. Тип очков выбирают по ГОСТ 12.4.013-85 в зависимости от вида работы. Некоторые типы очков, наиболее часто применяемые в различных отраслях промышленности представлены на рис. 24.4.

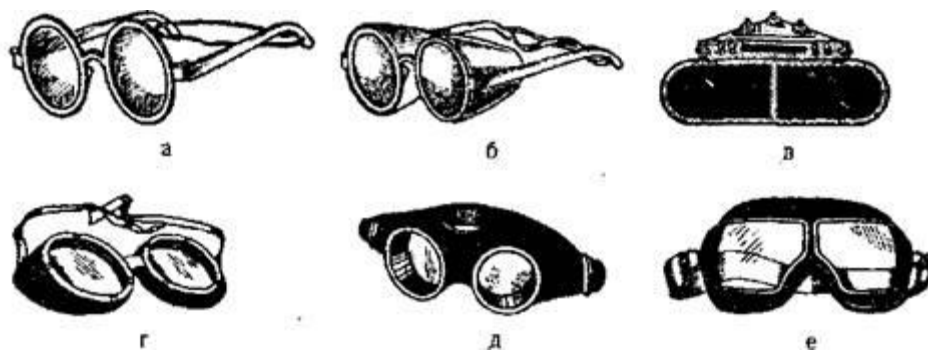


Рис. 24.4. Индивидуальные средства защиты глаз:

а — очки защитные С-2; б — очки защитные ОЗН; в — очки-рамка для сталеваров; г — очки защитные сетчатые С-15; д — очки герметичные ПО-2; е — очки защитные от электромагнитных излучений ОРЗ-5.

Для защиты глаз должны применяться защитные очки, экраны или щитки. К очкам предъявляются следующие требования: герметичность подочкового пространства; незапотеваемость и ударопрочность стекла; эластичность корпуса; широта обзора; размеры, допускающие совместное ношение каски, очков и противопылевого респиратора; небольшая масса. Этим требованиям удовлетворяют разработанные МакНИИ специально для шахт очки с коробчатым герметичным корпусом с обтюратором из пенопласта.

Стекла высокой прочности диаметром 59 мм изготовлены из полиметилметакрилата. Очки имеют тесемчатое крепление. Для предотвращения запотевания перед работой внутри корпуса устанавливается триацетатная пленка с желатиновым покрытием. Размеры корпуса не препятствуют одновременному ношению каски, очков и противопылевого респиратора.

Средства защиты органов слуха (рис. 24.5.) используют в шумных производствах, при обслуживании электроустановок и т. п. Существуют различные типы средств защиты органов слуха; беруши и наушники. Беруши делают из различных материалов, при использовании их втыкают в уши. Наушники состоят из двух чашечек, соединенных дужкой. Одноразовые беруши, следует использовать только один раз, беруши и наушники многоразового использования требуют тщательного ухода, содержания в чистоте и своевременного выявления дефектов. Правильное и постоянное применение средств защиты органов слуха снижает шумовую нагрузку (для берушей на 10—20, для наушников на 20—30 дБА).

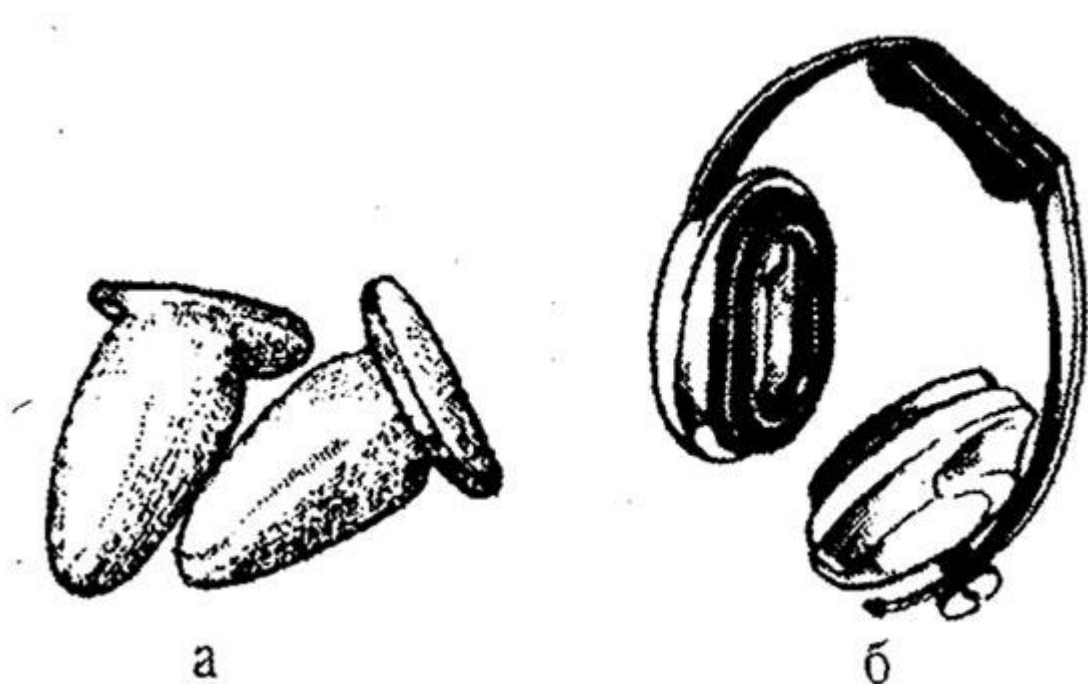


Рис. 24.5. СИЗ для защиты органов слуха

а — беруши; б — наушники

Бурение шпуров перфораторами, управление пневматическими лебедками, обслуживание компрессоров без применения СИЗ органов слуха запрещается.

Для защиты от поражения электрическим током служат специальные диэлектрические перчатки. Для защиты от ожогов электролитом в зарядных камерах должны быть соответствующие средства, нейтрализующие его действие.

Средства индивидуальной защиты позвоночника

В очистных и подготовительных работах, а также при перекреплении горных выработок в обязательном порядке должны применяться средства индивидуальной защиты позвоночника - противорадикулитные пояса. Обязательным требованием является ежедневная стирка нательного белья, сушка, обеспыливание и не реже двух раз в месяц стирка или химическая чистка спецодежды, а также санитарная обработка защитных касок, портянок (носов) и спецобуви.

Средства защиты кожи необходимы при контакте с веществами и материалами, вредными для кожи; механических воздействиях, в результате которых появляются царапины и раны, а кожа становится более восприимчивой к воздействию вредных веществ. Риск такого рода воздействия можно снизить в тех случаях, когда кожа является здоровой, нетравмированной и обладает способностью к сопротивлению; когда при выполнении трудовых операций происходит наименьший контакт с вредными веществами; когда есть

возможность заменить вредные вещества и материалы менее вредными; когда снижается частота и продолжительность контактов с вредными веществами. Для профилактики повреждений кожи необходимо использовать мыло, смягчающее кожу; средства для очистки рук допустимо применять только в случае очень сильного загрязнения. Выбор защитного крема зависит от характера работы.

Универсальных СИЗ,

В последние годы наметилась тенденция к созданию универсальных СИЗ, обладающих комплексом защитных свойств. Номенклатура таких СИЗ постоянно расширяется. Как правило, они обеспечивают комплексную защиту человека от опасных и вредных факторов, создавая одновременно защиту органов зрения, слуха, дыхания, а также защиту отдельных частей тела человека (рис. 24.5).



Рис. 24.5. Универсальные СИЗ

Безопасное проведение работ обеспечивается также путем применения индивидуальных защитных устройств.

Так, при работе на высоте, в колодцах и других ограниченных объемах необходимо использовать спасательные пояса, страхующие канаты (рис. 24.6), а также СИЗ.

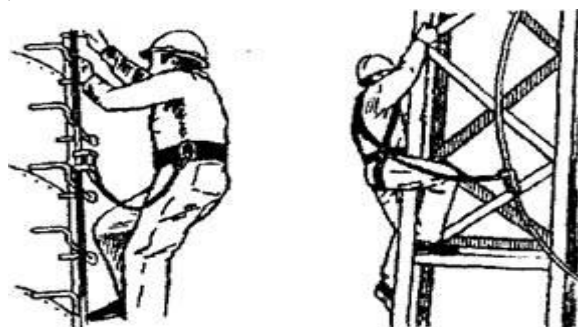


Рис. 24.6. Применение защитных устройств при работе на высоте

Применение СИЗ сопровождается определенными неудобствами:

ограничением обзора, затруднением дыхания, ограничением в перемещении. В тех случаях, когда рабочее место постоянно, устранить эти неудобства удастся применением защитных кабин, снабженных системами кондиционирования воздуха, вибро- и шумозащитой, защитой от излучений и энергетических полей. Такие кабины применяют на транспортных средствах, в горячих цехах, машинных залах ТЭС и т. п.

Уход за СИЗ

На каждой шахте должна быть организована ежедневная стирка нательного белья, стирка или химическая чистка спецодежды не реже двух раз в месяц, своевременная починка спецодежды и спецобуви, а также санитарная обработка противопылевых респираторов, защитных касок, портянок (носок) и спецобуви.

24.4. Перспективы развития международного нормативного документа по СИЗ

Подтверждение соответствия СИЗ нормативным требованиям тесным образом связано с классификацией по степени риска. Поэтому должна быть учтена процедура подтверждения соответствия, принятая в международной практике, при сохранении обязательной сертификации СИЗ. Подтверждение соответствия очень важно проводить по единым методам и на соответствие единым требованиям, установленным в стандартах, которые и будут являться доказательной базой технического регламента.

Таким образом, целесообразно создать нормативный документ в виде рамочного федерального закона, в котором будут изложены лишь самые общие требования ко всем видам СИЗ, а также процедуры подтверждения их соответствия. К нему должен быть приложен перечень национальных стандартов, содержащих основные требования к СИЗ и методам их оценки, гармонизированные с международными и европейскими стандартами. Очевидно, только такой подход сможет отвечать потребностям экономического развития страны, обеспечивая большую адаптивность правовых норм к меняющимся условиям.

В соответствии с этим подходом, который базируется на международном и, в частности, европейском опыте по применению Директивы нового подхода 89/686 ЕС «По сближению законодательства государств – членов ЕС в области средств индивидуальной защиты», в ОАО «ВНИИ сертификации» был разработан проект технического регламента «О средствах индивидуальной защиты». Он прошёл публичное обсуждение и получил одобрение основных производителей, поставщиков, потребителей СИЗ, а также научно-

исследовательских институтов, работающих в области разработки новых СИЗ, их испытаний и методов проведения испытаний, и ведущих европейских экспертов в области подтверждения соответствия этой продукции.

Параллельно Ассоциацией средств индивидуальной защиты был разработан законопроект другого техрегламента - «О требованиях к СИЗ». В нем, в отличие от проекта «ВНИИ сертификации», вместо классификации СИЗ на категории в зависимости степени опасности вредного производственного фактора введена новая, научно не обоснованная классификация, и, кроме того, устанавливаются конкретные требования ко всем видам СИЗ.

В адрес Технического комитета по стандартизации СИЗ (ТК-320) поступили принципиальные замечания по этому документу от многих производителей и потребителей СИЗ, суть которых сводится к следующему.

Проект не в полном объеме отвечает требованиям Федерального закона «О техническом регулировании» (далее ФЗ), поскольку не распространяется на процессы, связанные с производством, эксплуатацией, хранением, перевозкой и утилизацией средств индивидуальной защиты. Требования должны учитывать весь их жизненный цикл, поскольку это непосредственно связано с безопасностью для пользователя и окружающей среды. Проект не содержит правил и форм проведения подтверждения соответствия, что противоречит требованиям ФЗ. Так как не включенные в технические регламенты требования не являются обязательными, то результаты подтверждения соответствия всегда могут быть оспорены.

Проект вместе с тем не учитывает основные требования международных и национальных стандартов, гармонизированных с международными, не учитывает категории СИЗ и противоречит ФЗ о недопущении подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

Не указаны условия испытаний, при которых обеспечиваются значения приведенных в проекте показателей, кроме того, СИЗ, для которых регламентированы показатели защитных свойств, выбраны произвольно.

В противоречии с ФЗ появляется возможность принятия декларации соответствия «на основе доказательств саморегулируемой организации» (п.1 ст. 16 проекта). Что это такое - непонятно и в проекте не поясняется. К тому же «саморегулируемых организаций» в стране пока не существует. Поэтому, если они появятся, то любая такая организация, чтобы заниматься оценкой соответствия, должна будет получить аккредитацию в национальном аккредитующем органе. Иначе это можно рассматривать как приватизацию безопасности работающих. При этом допускается возможность экспертизы соответствия СИЗ «испытательными системами» предпринимателей (ассоциаций), чем будет создана возможность для фальсификации.

Краткое изложение в проекте некоторых основных требований к разным видам СИЗ, обретя форму закона, может нанести вред разработчикам, изготовителям, испытательным лабораториям и потребителям по следующим причинам. Не перечислены все требования.

Так, например, отсутствуют положения, регламентирующие собственно защитные свойства одежды для защиты от теплового излучения, искр и брызг расплавленного металла, электрических полей промышленной частоты. Нет вообще требований защиты от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона и поражения электрическим током. Нет сигнальной одежды, предупреждающей водителя транспортного средства об опасности наезда на человека.

Требования к СИЗ от пониженных и повышенных температур, изложенные в ст.7, некорректны и неполны, и далеко не полностью отражают требования к защитным свойствам одежды, в частности, в зависимости от климатического пояса.

Минимальные требования взяты из старых ГОСТов и проигнорированы требования новых гармонизированных стандартов. Отсутствуют важнейшие условия, в которых эти требования должны реализовываться, а также методы, с помощью которых может быть оценено исполнение регламентируемых требований.

Кроме того, приведены неправильные значения нормируемых показателей, например, для защитных очков измерение стойкости к удару приведено в ньютонах, что является неправильным, т. к. удар характеризуется энергией, измеряемой в джоулях. Ошибки имеются не только в единицах измерений отдельных показателей, но вообще игнорируется общепринятая система СИ.

В ст. 8 проекта приводятся требования к средствам защиты лица от электрической дуги, в частности, к материалу щитка, при этом нормируется скорость его возгорания в 75мм/мин, что абсолютно недопустимо, т. к. в условиях возникновения электрической дуги температура за десятые доли секунды может вырасти до десятка тысяч градусов.

Совершенно очевидно, что при таком требовании щиток мгновенно вспыхнет или расплавится и человек может погибнуть. При этом перепутаны понятия «термическое поражение при возникновении электрической дуги» и «поражение электрическим током». Вообще проект содержит терминологию, не учитывающую принятую основополагающими стандартами.

Складывается впечатление, регламент написан, чтобы, исключив нормирование ряда важных показателей, определяющих защитные свойства СИЗ, контроль за ними оставить только за изготовителем, и тем самым вывести из-под обязательной сертификации значительную часть средств.

Таким образом, можно сказать, что проект, разработанный Ассоциацией СИЗ, противоречит положениям закона «О техническом регулировании», а также международному и европейскому подходам к регулированию отношений в области подтверждения соответствия СИЗ. Это будет тормозить развитие и модернизацию, и стимулировать предложение устаревших и малоэффективных СИЗ, а, следовательно, самым негативным образом отразиться на безопасности потребителей.

В настоящее время, в соответствии с последними изменениями в ФЗ «О техническом регулировании», ОАО «ВНИИС» совместно с рядом организаций проводит доработку проекта технического регламента «О средствах индивидуальной защиты», который будет вновь представлен для рассмотрения всем заинтересованным организациям.

Лекция 25

Общие санитарно-гигиенические требования к размещению предприятий к производственным и вспомогательным помещениям

25.1. Основные санитарно-гигиенические требования к размещению предприятий и планированию его территории

Создание здоровых и безопасных условий труда начинается с правильного выбора площадки для размещения предприятия и рационального расположения на ней производственных, вспомогательных и других зданий и сооружений.

Выбирая площадку для строительства предприятия, нужно учитывать: аэроклиматическую характеристику и рельеф местности, условия туманообразования и рассеивание в атмосфере промышленных выбросов. Нельзя размещать предприятия вблизи источников водоснабжения; на участках, загрязненных органическими и радиоактивными отходами; в местах возможного подтопления и т. д. Следует отметить, что при выборе места размещения предприятия необходимо учитывать влияние уже существующих источников выбросов и создаваемого ими загрязненного фона.

Решая вопрос зонирования (условного разделения территории по функциональному использованию) большое значение следует уделять преобладающему направлению ветров и рельефу местности. Как правило, производственную зону располагают с подветренной стороны относительно

подсобной и других зон, Отдельные здания и сооружения располагают на площадке таким образом, чтобы в местах организованного воздухозабора системами вентиляции (кондиционирования воздуха) вредные вещества в воздухе не превышали 30% ПДК для воздуха рабочей зоны производств. При расположении зданий относительно сторон света необходимо стремиться к созданию благоприятных условий для естественного освещения. Расстояние между зданиями должно быть не меньше наибольшей высоты одного из противостоящих зданий (чтобы они не затеняли друг друга).

Производственные здания и сооружения, как правило, располагают по ходу технологического процесса. При этом их следует группировать с учетом общности санитарных и противопожарных требований, а также с учетом потребления электроэнергии, движения транспорта и людей.

Согласно санитарным нормам и правилам предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения окружающей среды (химическими, физическими или биологическими факторами), при невозможности создания безотходных технологий должны отделяться от жилищной застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Размер санитарно-защитной зоны определяют непосредственно от источников загрязнения атмосферного воздуха до границы жилищной застройки. Источниками загрязнения воздуха являются: организованные (сосредоточенные) выбросы через трубы и шахты; рассредоточенные — через фонари промышленных сооружений; неорганизованные — открытые склады и подвалы, места загрузки, места для хранения промышленных отходов.

Для предприятий, являющихся источниками загрязнения атмосферы промышленными выбросами (в зависимости от мощности, условий осуществления технологического процесса, количественного и качественного состава вредных выделений и т. п.) установлены такие размеры санитарно-защитных зон в соответствии с классом вредности предприятий:

I класс — 1000 м, II класс — 500 м, III класс — 300 м, IV класс — 100 м, V класс — 50 м.

К I, II и III классам относятся, в основном, предприятия химической и металлургической промышленности, некоторые предприятия по добыче руды, производству строительных материалов.

К IV классу, наряду с предприятиями химической и металлургической промышленности, относятся предприятия металлообрабатывающей промышленности с чугуном (в количестве до 10 000 тонн/год) и цветным (в количестве до 100 тонн/год) литьем, ряд предприятий по производству строительных материалов, обработке древесины, предприятия текстильной, легкой, пищевой промышленности.

К V классу, кроме некоторых производств химической и металлургической промышленности, относятся предприятия металлообрабатывающей промышленности с термической обработкой без литейных процессов, большие типографии, мебельные фабрики.

Санитарно-защитные зоны должны быть озеленены, ведь именно тогда они в полной мере могут выполнять роль защитных барьеров от производственной пыли, газов, шума, излучений.

На внешней границе санитарно-защитной зоны, обращенной к жилищной застройке, концентрации и уровни вредных факторов не должны превышать гигиенические нормативы (ПДК, ПДУ), на границе курортно-рекреационной зоны — 0,8 от значения норматива.

Большое значение с санитарно-гигиенической точки зрения имеет благоустройство территории, которое включает озеленение, оборудование тротуаров, площадок для отдыха, занятий спортом и др. Озелененные участки должны составлять не меньше 10... 15% общей площади предприятия.

Для сбора и хранения производственных отходов следует отвести специальные участки с ограждением и удобным подъездом.

25.2. Основные требования к производственным зданиям и сооружениям

Основные требования к зданиям производственного назначения изложены в СНиП 2.09.02-85.

При планировке производственных помещений необходимо учитывать санитарную характеристику производственных процессов, следовать нормам полезной площади для работающих, а также нормативам площадей для расположения оборудования и необходимой ширины проходов, обеспечивающих безопасную работу и удобное обслуживание оборудования. Объем производственных помещений на одного работающего согласно санитарным нормам должен составлять не меньше 15 м³, а площадь помещений — не меньше 4,5 м².

Если в одном строении необходимо разместить производственные помещения, к которым с точки зрения промышленной санитарии и пожарной профилактики предъявляются различные требования, то необходимо их группировать таким образом, чтобы они были изолированными друг от друга. Цеха, отделения и участки со значительными вредными выделениями, избытками тепла и пожароопасные необходимо размещать у наружных стен здания и, если допустимо по условиям технологического процесса и поточности производства — в верхних этажах многоэтажного здания. Нельзя располагать безвредные цеха и участки (например, механосборочные, инстру-

ментальные, ЭВМ и др.), а также конторские помещения над вредными, поскольку при открывании окон газы и пары могут проникать в эти помещения.

С целью предотвращения травматизма в производственных помещениях необходимо применять предупредительную окраску строительных конструкций и знаки безопасности (ГОСТ 12.4.026-76 „Цвета сигнальные и знаки безопасности”¹). Например, желтым цветом (или с черными полосами) красят низко расположенные над проходами конструкции, сужения проездов, мало-заметные ступеньки, выступы и перепады в плоскости пола. Ширина основных проходов внутри цехов и участков должна быть не меньше 1,5 м, а ширина проездов — 2,5 м.

Двери и ворота, ведущие непосредственно наружу, необходимо оборудовать тамбурами или воздушными (тепловыми) завесами.

Высота производственных помещений должна быть не меньше 3,2 м, а для помещений энергетического и складского хозяйства — 3 м. Расстояние от пола до конструктивных элементов перекрытия — 2,6 м. Галереи, мостики, лестницы и площадки должны быть шириной не меньше 1 м и ограждаться поручнями высотой 1 м с бортиками высотой 0,2 м по низу. Все площадки, расположенные на высоте более 260 мм от пола, должны иметь поручни. Металлические лестницы для обслуживания оборудования устанавливаются под углом, не превышающем 45° с расстоянием между ступеньками 230—260 мм и шириной ступени 250—300 мм. Для обслуживания оборудования, которое осматривается 2 раза в смену и которое расположено на площадках с разницей в отметках не больше 3 м, допускается угол наклона лестницы 60°.

Поручни красят в желтый (красный) цвет, а стойки — в белый. Ступени изготавливают ребристыми или из рифленной стали.

Ширина выходов из помещений должна быть не меньшей 1 м, высота — 2,2 м. При движении транспорта через двери их ширина должна быть на 0,8 м больше габарита транспорта с обеих сторон.

Полы производственных помещений должны быть износостойкими, теплыми, нескользкими, плотными, легко мыться, а в некоторых цехах и участках влаго-, кислото- и огнестойкими. Через полы в другие помещения не должны проникать вода, масло, вредные вещества, газы.

25.2. Основные требования к размещению основного и вспомогательного оборудования

Важное значение для здоровых и безопасных условий труда, имеют рациональное размещение основного и вспомогательного оборудования, производственной мебели, а также правильная организация рабочих мест. Поряд-

док размещения оборудования и расстояние между ними определяются их размерами, технологическими требованиями и требованиями техники безопасности. Однако, во всех случаях, к оборудованию, имеющему электропривод, должен быть свободный подход со всех сторон шириной не меньше 1 м со стороны рабочей зоны и 0,6 м — со стороны нерабочей зоны. Производственная мебель (шкафы, стеллажи, столы и др.) можно ставить вплотную к конструктивным элементам здания — стенам, колоннам. Для защиты внутренних поверхностей конструкций помещений от воздействия вредных и агрессивных веществ (например, кислот, щелочей) и влаги используют керамическую плитку, кислотостойкую штукатурку, масляную краску, препятствующие сорбции этих веществ и допускающие мытье поверхностей.

Требования по составу, размещению, размерам и оборудованию вспомогательных помещений изложены в СНиП 2.09.04-87. Санитарно-бытовые помещения необходимо располагать с максимальным приближением к рабочим местам, чтобы не было встречных потоков людей, а также переходов через производственные помещения с вредными выделениями, неотапливаемые части здания и открытые пространства.

25.3. Основные требования к вспомогательным помещениям

В состав любого предприятия (независимо от их масштаба) должны входить вспомогательные помещения, которые подразделяются на пять групп: - санитарно-бытовые (гардеробные, душевые, умывальные, комнаты личной гигиены женщин, отдыха, курения и др.);

- медицинские (медпункты, поликлиники, профилактории);
- общественного питания (столовая, буфеты, комнаты приема пищи);
- культурного и физического обслуживания (библиотеки, залы заседаний, спортзалы)
- административные (заводоуправление, цеховые конторы) и конструкторские бюро.

Вспомогательные помещения различного назначения, как правило, располагают в одном здании в местах с наименьшим влиянием шума, вибрации и других вредных факторов.

Расчет санитарно-бытовых помещений проводится в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов и количества работающих в наиболее многочисленной смене. Размещение, размеры, отделка вспомогательных помещений оговариваются целым рядом санитарных требований. Например, туалеты располагаются, как правило, на каждом этаже на расстоянии не более 75 м от наиболее отдаленного рабочего места, а душе-

вые следует устраивать в комнатах, смежных с гардеробными у внутренних стен.

25.4. Классификация производственных процессов

В соответствии с санитарной характеристикой производственные процессы подразделяются на четыре группы, а каждая из них — еще на 2—5 подгрупп.

К первой группе относятся производственные процессы, протекающие при нормальных метеорологических условиях и при отсутствии вредных газов и пылевых выделений.

Ко второй группе относятся производственные процессы, протекающие при неблагоприятных метеорологических условиях или связанные с выделением пыли, а также напряженной физической работой.

К третьей группе относятся процессы, характеризующиеся наличием резко выраженных вредных факторов.

К четвертой группе относятся процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции, а именно:

- связанные с переработкой пищевых (тродуктов, производством стерильных материалов, которые требуют особой чистоты).

25.5. Основные требования к водоснабжению и канализации

Производственные помещения должны быть оборудованы системами производственного, противопожарного и хозяйственнопитьевого водопроводов, хозяйственно-бытовой и производственной канализацией. Исключения составляют небольшие производства (с количеством работающих до 25 человек в смену), которые размещены в районах без центральной системы водопровода и канализации.

При проектировании систем водоснабжения и канализации необходимо внедрять наиболее прогрессивную технологию и оборудование для подготовки и подачи воды, отведения и очистки промышленных стоков, обеспечивать наименьшее загрязнение сточных вод, возможность утилизации и использования отходов производства.

Норма расхода воды на питьевые и бытовые нужды для цехов со значительными выделениями тепла на одного человека в смену должна составлять 45 л, а для других цехов и отделений — 25 л.

В проходах между цехами, вестибюлях, помещениях для отдыха необходимо предусматривать фонтанчики или установки с газированной водой. В горячих цехах должны быть предусмотрены места площадью 3 м² для уста-

новоков с охлажденной подсоленной газированной водой (5 г соли на 1 л воды).

Расстояние от наиболее отдаленного рабочего места до устройств питьевого водоснабжения не должно превышать 75 м. Не допускается соединение сетей хозяйственно-питьевого водопровода с сетями специальных производственных и противопожарных водопроводов, которые подают непитьевую воду.

Все сточные воды спускаются в городскую канализационную систему. Слив в канализационную сеть отработанных растворов кислот, щелочей, электролитов и других химических веществ допускается только после их нейтрализации и очистки. Запрещается сливать в канализационную сеть толуол, ацетон, бензин, минеральные масла.

С участков шлифования, полирования и при применении мокрых способов обработки пылевых материалов сточные воды должны поступать в систему общей канализации через отстойники. На отдельных участках канализационных сетей необходимо располагать устройства для улавливания нефтепродуктов.

Экзаменационные вопросы по курсу «Промсанитария и гигиена труда»

1. Промсанитария, законодательные акты
2. Источниками шума на производстве
3. Воздействие шума, последствия
4. Методы и средства индивидуальной коллективной защиты от шума.
5. Определение вибрации. Виды вибраций.
6. Воздействие вибрации. Методы защиты.
7. Виброакустические факторы, последствия воздействия
8. Принципы нормирования виброакустических факторов, способы защиты

9. Понятие «производственной пыли». Классификация производственной пыли.
10. Мероприятия по борьбе с пылью на производстве
11. Гигиеническое значение физико-химических свойств пыли
12. Источники пыли в угольной промышленности
13. Контроль за содержанием вредных химических веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД)
14. Профессиональные заболевания шахтёров
15. Средства коллективной и индивидуальной защиты шахтёров
16. Микроклимат, виды, влияние на организм
17. Защита и профилактика от влияния негативных микроклиматических условий на организм человека
18. Понятие терморегуляции. Мероприятия по нормализации состояния воздушной среды производственных помещений
19. Вентиляция производственных помещений. Виды вентиляции
20. Принципы расчета систем искусственной вентиляции
21. Классификация и типы вентиляционных устройств
22. Понятие об аэрации. Конструктивное оформление аэрационных устройств.
23. Общая характеристика вредных факторов в производственных помещениях
24. Очистка воздуха в системах кондиционирования промышленных предприятий.
25. Фильтры и пылеуловители в системах очистки воздуха предприятий.
26. Очистка вредных выбросов в атмосферу. Основные способы очистки
27. Нормирование вредных выбросов
28. Принципы гигиенического нормирования производственного освещения
29. Что определяет коэффициент КЕО.
30. Виды искусственного освещения по функциональному назначению
31. Электромагнитные поля и излучения, классификация
32. Измерение и нормирование электромагнитных полей и излучений
33. Влияние электромагнитных полей и излучений на живые организмы
34. Нормирование, контроль и методы защиты от электромагнитных полей и излучений
35. Ионизирующие излучения. Виды
36. Влияние ионизирующих излучений на организм человека
37. Нормирование ионизирующих излучений
38. Защита от ионизирующих излучений
39. Лазерное излучение, гигиеническое нормирование.

- 40. Влияние лазерного излучения на живые ткани, организм и здоровье человека
 - 41. Методы защиты от лазерного излучения
 - 42. Средства индивидуальной защиты, общие требования
 - 43. Классификация средств индивидуальной защиты
 - 44. Основные санитарно-гигиенические требования к размещению предприятий и планированию его территории
 - 45. Классификация производственных процессов
 - 46. Основные требования к водоснабжению и канализации
- 