

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ

Л.В. ДЕМЕНТИЙ, Г.И. ЧИЖИКОВ, Н.М. ГЛИНЯНАЯ

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО КУРСУ
«ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»

для студентов всех специальностей дневного
и заочного отделений

Часть 2

РЕКОМЕНДОВАНО
МЕТОДИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ,
МИНИСТЕРСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Краматорск 2000

УДК 658

Краткий конспект лекций по курсу «Основы охраны труда». Ч.2:
Учеб. пособие / Дементий Л.В., Чижиков Г.И., Глиняная Н.М. – Кра-
маторск: ДГМА, 2000. - 104 с.

Приведен краткий конспект лекций по курсу «Основы охраны
труда» по разделам «Производственная санитария» и «Техника
безопасности», а также контрольные вопросы для проверки степени
изученности материала.

ISBN –5-7763-2584-6 ©

Л.В. Дементий, доц.,
Г.И. Чижиков, доц.,

Н.М. Глиняная, ст. препод.

1 Основные термины и определения по охране труда

1.1 Цель, задачи и структура курса «Основы охраны труда»

Дисциплина «Основы охраны труда» является социально-технической наукой, которая выявляет и изучает производственные опасности и вредности, разрабатывает методы их устранения или снижения с целью предотвращения несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий и пожаров. Главными объектами ее изучения являются человек и процесс труда, производственная среда, взаимосвязь человека с оборудованием, организация труда и производства, технологические процессы.

Методологическая основа курса - научный анализ условий труда, технологических процессов, аппаратуры и оборудования с точки зрения возможности возникновения аварийных ситуаций, появления опасных факторов, выделения вредных производственных веществ. На основе такого анализа определяются опасные участки производства, возможные аварийные ситуации и разрабатываются мероприятия по их предупреждению или ограничению последствий.

Полностью безопасных и безвредных производств не существует. Задача охраны труда - свести к минимуму вероятность поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда.

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Курс состоит из 4 разделов: законодательная охрана труда, техника безопасности, производственная санитария, пожарная безопасность.

Законодательная охрана труда - это часть трудового законодательства, касающаяся обеспечения нормальных условий труда.

Техника безопасности - это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающего опасных производственных факторов.

Опасный производственный фактор - фактор, воздействие которого на работающего может привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Производственная санитария - это система организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Вредный производственный фактор - фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

Пожарная и взрывная безопасность - комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и взрывов, воздей-

ствия на людей факторов пожаров и взрывов и на ограничение материального ущерба от них.

Таким образом, охрана труда - это совокупность мероприятий и средств, с помощью которых обеспечивается безопасность. Безопасность - это цель охраны труда.

1.2 Классификация опасных и вредных производственных факторов

При анализе условий труда и выявлении опасностей необходимо выполнить детальную декомпозицию трудового процесса. Это позволяет наиболее полно определить опасные и вредные факторы. Определение опасных и вредных факторов мы уже рассмотрели. Необходимо отметить, что между ними часто нельзя провести четкой границы. Один и тот же фактор в зависимости от величины может быть опасным или вредным. К определяющим признакам негативных факторов относятся: возможность непосредственного отрицательного воздействия на организм человека, затруднение нормального функционирования органов человека, возможность нарушения нормального состояния производственного процесса, в результате которого могут возникать аварии, взрывы, пожары, травмы.

Согласно ГОСТ 12.0.003 - 74 ССБТ (системы стандартов безопасности труда) «**Опасные и вредные производственные факторы**. Классификация» производственные факторы делят на следующие группы:

- физические факторы;

- химические факторы;
- биологические факторы (микроорганизмы, макроорганизмы);
- психофизиологические факторы (физические нагрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные нагрузки, монотонность работы и др.).

Химические опасные и вредные производственные факторы по действию на человека подразделяются:

- общетоксического действия, вызывающие нарушение деятельности всего организма или отдельных его систем (СО, сероводород, ароматические углеводороды);

- раздражающего действия, действующие на дыхательные пути и слизистые оболочки (пары кислот и щелочей, углекислый газ, аммиак, окислы азота, хлор);

- сенсibiliзирующего действия, вызывающие аллергические проявления (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитро- и нитрозосоединений);

- канцерогенного действия, вызывающие раковые заболевания (бензопирен, нефтепродукты, сажа, асбест);

- мутагенного действия, приводящие к изменению наследственной информации (соединения свинца, ртути, марганца, оксид этилена, радиоактивные вещества);

- вещества, влияющие на репродуктивную функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные вещества).

Носителями опасных и вредных производственных факторов являются: предметы труда, средства производства, продукты труда, энергия, природно-климатическая среда, фауна, люди, окружающая производственная среда.

Введем еще несколько определений.

Опасная зона - это пространство, в котором действуют опасные и вредные производственные факторы.

Рабочая зона - пространство до 2 метров в высоту, где располагаются рабочие места постоянного и временного пребывания работающего.

Рабочие места постоянного пребывания – рабочие места, где работающие находятся 50 % рабочего времени с перерывами или 2 часа непрерывно.

1.3 Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать основную цель науки «Охрана труда».
- 2 Из каких разделов состоит дисциплина «Охрана труда»?
- 3 Что изучает «Законодательная охрана труда»?
- 4 Какие вопросы изучает «Производственная санитария»?
- 5 Какие вопросы изучает «Техника безопасности»?
- 6 В чем заключается отличие между опасными и вредными производственными факторами?
- 7 Какие вопросы изучает «Пожарная и взрывная безопасность»?
- 8 По какому принципу классифицируются опасные и вредные производственные факторы?
- 9 Чем определяется необходимость классификации опасных и вредных производственных факторов?
- 10 Перечислить основные пути попадания вредных веществ внутрь организма человека.
- 11 Что такое рабочая зона и опасная зона?

2 Оздоровление воздушной среды

2.1 Загрязнение воздушной среды

В процессе труда на человека кратковременно или длительно воздействуют разнообразные неблагоприятные факторы (пыль, газы, пары, шум и др.), которые могут привести к заболеванию и потере трудоспособности. Эти факторы называются профессиональными вредностями. Задачей службы производственной санитарии является выполнение комплекса мероприятий, направленных на оздоровление условий труда рабочих и повышение его производительности на всех стадиях технологического процесса, устранение неблагоприятно действующих на здоровье рабочих вредных факторов и предупреждение профессиональных заболеваний.

Производственная санитария состоит из следующих основных разделов: оздоровление воздушной среды, производственное освещение, защита от шума, ультразвука и инфразвука, защита от производственных вибраций, защита от электромагнитных полей и ионизирующих излучений.

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является **обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий** в рабочей зоне.

Атмосферный воздух в своем составе в среднем содержит 78,08 % азота, 20,95 % кислорода; 0,93 % инертных газов; 0,03 % углекислого газа. Воздух такого состава наиболее благоприятен для дыхания. Если концентрация кислорода в воздухе ниже 17%, то у работающего появляются симптомы недомогания, при 12 % и

меньше возникает опасность для жизни, при 11% и ниже - наступает потеря сознания, а при 6% - прекращается дыхание.

В результате производственной деятельности в воздушную среду могут поступать различные **вредные вещества**. Вредное вещество - это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профзаболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в последующие сроки жизни настоящего и будущего поколений.

Все вредные вещества по характеру воздействия на человека можно разделить на две группы: токсичные и нетоксичные. По агрегатному состоянию вредные вещества можно разделить на пары, газы, твердые и жидкие частицы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, жидкие вещества - аэрозоли, а твердые - дисперсные системы, которые делятся на пыль (размер частиц более 1 мкм), дым (менее 1 мкм). Пыль различают крупнодисперсную (размер частиц более 50 мкм), среднедисперсную (50 - 10 мкм) и мелкодисперсную (менее 10 мкм).

Поступление в воздух рабочей зоны того или иного вредного вещества зависит от технологического процесса, используемого сырья, а также от промежуточных и конечных продуктов. Наиболее распространенные вредные вещества на машиностроительных заводах - пыль и различного происхождения тонкодисперсные аэрозоли.

Вредные вещества проникают в организм человека главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей. В результате действия вредных веществ у человека возникает болез-

ненное состояние - отравление. Различают острые (кратковременное воздействие вещества, поступившего в организм в значительном количестве) и хронические отравления (постепенное, продолжительное воздействие вещества, поступающее в организм малыми дозами). В результате хронических отравлений появляются профзаболевания. Воздействие вредного вещества на человека зависит от его токсичности, дисперсности, концентрации в воздушной среде, растворимости и других факторов.

Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий предусматриваются **предельно допустимые концентрации вредных веществ** в воздухе рабочей зоны в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ.. «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это такая концентрация вредного вещества (в миллиграммах на кубический метр), которая в пределах 8 часового рабочего времени и всего рабочего стажа не может вызвать у работающих заболевание или какое-либо отклонение в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования.

Предельно допустимые концентрации устанавливают ориентировочно безопасный (с вероятностью 0,95) уровень воздействия вредных веществ. Содержание каждого вредного вещества в воздухе не должно превышать предельно допустимую концентрацию.

При содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия для обеспечения безопасности работы должно соблюдаться следующее условие:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n - концентрация вредных веществ в воздухе, мг/м^3 ; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ - предельно допустимые концентрации соответствующих вредных веществ, мг/м^3 .

По степени воздействия на организм человека в соответствии с ГОСТ 12.1.007-90 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» вещества подразделяются на четыре класса опасности (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Классы опасности вредных веществ

Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м^3	Смертельная концентрация, мг/м^3
Чрезвычайно опасные	Менее 0.1	Менее 500
Высокоопасные	0.1...1.0	500...5000
Умеренно опасные	1.0...10	5000...50000
Малоопасные	Более 10	Более 50000

Основные **мероприятия** по уменьшению действия вредных веществ на организм человека:

- автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредностей;
- совершенствование технологических процессов;
- совершенствование конструкций оборудования;
- устройство местной вентиляции для удаления вредных веществ непосредственно от мест их образования;
- коллективные (общеобменная вентиляция) и индивидуальные средства защиты (спецодежда, антитоксические пасты, очки, шле-

мы, маски, фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы.

2.2 Метеорологические условия

Метеорологические условия (микроклимат) в производственных помещениях определяются следующими параметрами: температура воздуха (градусы Цельсия), относительная влажность воздуха (проценты), скорость движения воздуха (метры за секунду). Кроме основных параметров не следует забывать об атмосферном давлении, которое влияет на процесс дыхания. Человек выдерживает довольно широкий диапазон давлений, однако для здоровья человека опасно быстрое изменение давления.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Нормальное протекание физиологических процессов в организме возможно лишь тогда, когда выделяемое организмом тепло непрерывно отводится в окружающую среду за счет конвекции (30%), излучения (45%), испарения влаги с поверхности кожи (20%) и нагрева вдыхаемого воздуха (5%). Количество теплоты, отдаваемое организмом различными путями, зависит от того или иного параметра микроклимата: теплоотдача конвекцией - от температуры и скорости движения воздуха; при высоких температурах (30-35°C) теплоотдача излучением полностью прекращается, а при более высоких температурах теплообмен идет в обратном направлении; отдача теплоты за счет испарения зависит от относительной влажности и скорости движения воздуха.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» устанавливаются

оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны в зависимости от следующих факторов:

а) **Периода года** - теплый (среднесуточная температура наружного воздуха 10°C и более) и холодный (ниже 10°C).

б) **Категории работ по тяжести:**

- легкие физические работы (категория 1) - виды деятельности, при которых энергетические затраты составляют до 138 Дж/с (категория 1а) и от 138 до 172 Дж/с (категория 1б); к 1а относятся: работы, выполняемые сидя и не требующие физического напряжения, к 1б - работы, выполняемые сидя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением;

- работы средней тяжести (категория 11) - виды деятельности, при которых энергозатраты составляют 172...232 Дж/с (категория 11а) и 232...293 Дж/с (категория 11б); к 11а относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением мелких, до 1 кг, предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения; к 11б - работы, выполняемые стоя, связанные с ходьбой, перенесением небольших, до 10 кг, тяжестей и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

- тяжелые физические работы (категория 111) - энергозатраты превышают 293 Дж/с, т.е. работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской тяжестей свыше 10 кг и требующие больших физических усилий.

в) **Теплонапряженности** производственных помещений - помещения со значительными избытками тепла (более $23,2 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ - горячие), помещения с незначительным избытком тепла (менее $23,2 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ - холодные).

Нормируются допустимые и оптимальные параметры микроклимата. Оптимальные распространяются на всю рабочую зону, допустимые - на постоянные рабочие места (ПРМ) и места временного пребывания (МВП). Допустимые показатели устанавливаются в случае, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить нормальные нормы.

Таблица 2.2 – Нормы параметров микроклимата для холодного периода года и для помещений с незначительными теплоизбытками

Категория	Температура, °С			Влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптимальная	допустимая		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
		ПРМ	МВП				
1а	22-24	21-25	18-26	40-60	До 75	0.1	До 0.1
1б	21-23	20-24	17-25	-«-	-«-	0.1	До 0.2
11а	18-20	17-23	15-24	-«-	-«-	0.2	До 0.3
11б	17-19	15-21	13-23	-«-	-«-	0.2	До 0.4
111	16-18	13-10	12-20	-«-	-«-	0.3	До 0.5

Средства нормализации микроклимата делятся на следующие группы: устраняющие источник тепловыделений, защищающие от тепловой радиации (поглощающие и отражающие стационарные и подвижные экраны), облегчающие теплоотдачу тела человека (применение местного кондиционирования, использование воздушного душа), индивидуальная защита (спецодежда из сукна, брезента, шляпы из войлока, фетра, спецобувь, очки со светофильтрами).

Основные направления по оздоровлению воздушной среды производственных помещений следующие:

-механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;

-применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону;

-защита от источников тепловых излучений;

-устройство вентиляции и отопления;

-применение средств индивидуальной защиты.

2.3 Защита от источников теплоизлучений

В условиях интенсивного теплового излучения в организме человека происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Длительное воздействие инфракрасных лучей вызывает катаракту глаз. Кроме непосредственного воздействия на рабочих лучистый поток теплоты нагревает пол, стены, оборудование, в результате чего температура внутри помещения повышается, что также ухудшает условия работы.

Расчет теплового облучения работающих производится следующим образом.

Определяют интенсивность облучения, Вт/м², на рабочем месте:

$$Q=0.91S((T/100)^4 - A) / r^2 \quad - \text{если } r \geq S^{1/2},$$

$$Q=0.91S((T/100)^4 - A) / r \quad - \text{если } r < S^{1/2},$$

где r - расстояние от источника до работающего, м;

S – площадь источника излучения, m^2 ;

T - температура излучающей поверхности, К;

A - эмпирический коэффициент: для хлопчатобумажной ткани - $A=85$, для сукна - $A=110$.

Подсчитанную величину интенсивности облучения сравнивают с допустимой по нормам. В соответствии с санитарными нормами допустимая интенсивность от открытого источника не должна превышать 140 Вт/м^2 . В случае превышения необходимо проведение мероприятий по уменьшению действия облучения на работающих.

Меры защиты работающих от тепловых облучений:

-механизация и автоматизация технологических процессов;

-теплоизоляция агрегатов (поверхность тепловых агрегатов вблизи рабочих мест должна иметь температуру не более 45°C);

-экранирование рабочих мест или источников излучения (экраны отражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие);

-средства индивидуальной защиты (спецодежда, спецобувь, охлаждающие костюмы, теплоизоляционные коврики);

-рациональный режим труда и отдыха (дополнительные перемены, комната отдыха).

2.4 Вентиляция производственных помещений

Задача вентиляции - обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. С помощью вентиляции удаляется загрязненный или нагретый воздух из помещения и подается свежий.

Классификации вентиляции:

- 1) По способу перемещения воздуха –естественная (аэрация) и искусственная (механическая).
- 2) По характеру (месту) действия --общеобменная и местная.
- 3) По назначению --приточная, вытяжная и приточно-вытяжная.

Действие **общеобменной вентиляции** основано на разбавлении загрязненного, нагретого, влажного воздуха помещения свежим воздухом до предельно допустимых норм. Эта система вентиляции наиболее часто применяется в случаях, когда вредные вещества, теплота, влага выделяются равномерно по всему помещению (при этом необходимые параметры воздушной среды поддерживаются во всем объеме помещения). Если помещение велико, а число людей, находящихся в нем, мало (с фиксированным местом нахождения людей), нет смысла проветривать все помещение полностью, можно ограничиться оздоровлением воздушной среды только в местах нахождения людей.

Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого технологическое оборудование выполняется в кожухе с герметизацией и отсосом загрязненного воздуха (местная вытяжная вентиляция).

Расчет общеобменной вентиляции заключается в определении количества воздуха, которое нужно подавать в помещение (или удалять) - L , м³/с.

Количество воздуха определяется по одному из следующих принципов.

1-й принцип -по разбавлению вредных веществ до предельно допустимой концентрации (ПДК):

$$L = G / (C_{\text{ух}} - C_{\text{пр}}),$$

где G - количество вредных веществ, выделяемых в производственное помещение в единицу времени, мг/с,

$C_{\text{ух}}$, $C_{\text{пр}}$ - концентрация вредных веществ в уходящем и приточном воздухе, мг/м³.

Согласно санитарным нормам $C_{\text{ух}} \leq \text{ПДК}$, $C_{\text{пр}} \leq 0,3 \text{ ПДК}$.

При одновременном выделении нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным действием, количество воздуха рассчитывают по тому веществу, для которого требуется подача чистого воздуха в наибольшем количестве. Если вещества обладают однонаправленным действием расчет, выполняют путем суммирования количества воздуха, необходимого для разбавления каждого вещества до его ПДК.

2-й принцип - по выделению в помещении избыточного тепла:

$$L = Q / (\rho c_p (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})),$$

где Q - количество тепла, выделяемое в единицу времени, кДж/с;

$t_{\text{ух}}$, $t_{\text{пр}}$ - температура уходящего и приточного воздуха, °С;

c - удельная теплоемкость воздуха, $c = 1 \text{ кДж / (кг К)}$;

ρ - плотность воздуха при $t_{\text{пр}}$.

Температура уходящего воздуха определяется следующим образом:

$$t_{\text{ух}} = t_{\text{р.з}} + dt(H - 2),$$

где $t_{\text{р.з}}$ - температура рабочей зоны, которая не должна превышать допустимую по нормам (из параметров микроклимата – табл.2.2);

dt - градиент температуры по высоте, $dt = 0,5...1,5^\circ\text{С}$ на 1 м высоты;

H - расстояние от пола до центра вытяжных проемов;

2 - высота рабочей зоны, м.

3-й принцип –по выделению в помещении избытка влаги:

$$L = G / [\rho (d_{\text{ух}} - d_{\text{пр}})],$$

где G – количество избыточной влаги, г/с;

ρ - плотность воздуха, кг /м³;

$d_{\text{ух}}$, $d_{\text{пр}}$ - содержание влаги в удаляемом и приточном воздухе, г /кг.

При одновременном выделении в помещении избытка тепла, влаги и наличии вредных веществ за требуемый расход воздуха принимается большее из полученных значений.

4-й принцип - расчет количества воздуха по людям (при отсутствии выделения вредных веществ и тепла):

$$L = n L^p ,$$

где n - количество людей;

L^p - количество воздуха на 1 человека, м³ /чел.

При расчете необходимо обеспечить не менее 30 м³/ч на человека, если объем помещения не превышает 20 м³/чел., и не менее 20 м³/ч на человека - при большем объеме. Если же в помещении невозможно естественное проветривание, то в таких помещениях нужно подавать не менее 60 м³ /ч на человека.

5-й принцип - по кратности воздухообмена - K ,1/ч:

$$L = K V ,$$

где V – объем помещения, м³.

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в час меняется воздух в помещении. Кратность воздухообмена принимают равной от 1 до 10 1/ч (большие величины характерны для помещений небольшого объема).

Механическая вентиляция обеспечивает поддержание постоянного воздухообмена независимо от внешних метеоусловий за счет комплекса систем воздуховодов и механических вентиляторов (центробежных или осевых). Воздух, поступающий в помещение, при необходимости подогревается или охлаждается, увлажняется или осушается. Обеспечивается также очистка воздуха, выбрасываемого наружу. Достоинством является также возможность подачи воздуха или его удаления из заданной точки помещения. Недостатками являются высокая стоимость оборудования и эксплуатации, шум, незначительность объемов вентилируемого воздуха.

Для экономии тепла на нагрев воздуха в помещениях, не содержащих вредных веществ, возможно применение рециркуляции воздуха, при которой часть теплого воздуха из помещения после очистки снова возвращается в помещение.

В **аэрации** или естественной вентиляции необходимый воздухообмен создается за счет разности плотности теплого воздуха, находящегося внутри помещения, и более холодного наружного, а также в результате наличия ветра. Она может быть неорганизованной (поступление и удаление воздуха происходит через неплотности наружных ограждений, окна, форточки) и организованной. Естественная вентиляция экономична и проста в эксплуатации. Основные недостатки - невозможность предварительной обработки воздуха, отсутствие очистки удаляемого воздуха, наличие сквозняков, ухудшение работы аэрации при наличии ветра, сложность управления. Она применяется в цехах, требующих больших объемов воздуха, с постоянным перепадом температур внутри и вне здания (сталелитейные, прокатные и др.).

Расчет аэрации включает определение теплового напора P_T , Па, и скорости удаления воздуха v , м/с:

$$P_T = g h (\rho_{\text{нар}} - \rho_{\text{вн}}),$$

$$v = 4 (P_T)^{0.5},$$

где h - расстояние от нижних до верхних аэрационных проемов, м;

g – ускорение свободного падения;

$\rho_{\text{нар}}$, $\rho_{\text{вн}}$ – плотность воздуха снаружи и внутри помещения, кг/м³.

Управление аэрацией осуществляется за счет изменения площади аэрационных проемов – $F_{\text{пр.}}$, м²:

$$F_{\text{пр}} = L / (\mu v) ,$$

где L - количество воздуха, которое необходимо удалить из производственного помещения (рассчитывается по одному из выше-рассмотренных 5 принципов), м³/с;

μ – коэффициент расхода, зависит от конструкции аэрационных проемов и составляет 0.3...0.65.

Местная вентиляция обеспечивает удаление вредностей непосредственно из места их выделения и предотвращение их попадания в воздух производственного помещения и рабочей зоны. Виды местной вентиляции: воздушные души, завесы, вытяжные зонты, отсасывающие панели, активированные отсосы, вытяжные шкафы и др..

Принцип расчета местной вентиляции заключается в определении количества удаляемого воздуха необходимого давления. Порядок расчета следующий: а) выбор конструкции системы местной вентиляции; б) определение количества удаляемого воздуха и сопротивления сети; в) подбор вентилятора.

2.5 Охрана атмосферного воздуха

Вредные газы, пары и пыли, удаляемые из производственных помещений, загрязняют атмосферу. Очистка выбросов в атмосферу - неотъемлемая часть любого технологического процесса. Для оценки состояния атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу. Эти нормативы должны отвечать интересам охраны здоровья людей и охраны окружающей природной среды.

Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов - это максимальная масса вредного вещества в единице объема (миллиграмм на кубический метр) атмосферного воздуха, периодическое или постоянное круглосуточное воздействие которой (прямо или опосредованно) на организм человека, животных и растений не вызывает никаких отклонений в нормальном их функционировании на протяжении всей жизни настоящего и последующего поколений. Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлены два норматива: максимальная разовая и среднесуточная предельно допустимые концентрации.

Условие безопасности можно записать следующим образом:

$$C_i \leq \text{ПДК}_{\text{м.р}} - \text{при } t \leq 20 \text{ мин};$$

$$C_i \leq \text{ПДК}_{\text{с.с}} - \text{при } t > 20 \text{ мин},$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества, мг/м^3 ;

$\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ - максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м^3 ;

ПДК_{с.с.}- среднесуточная предельно допустимая концентрация, мг/м³;
t – время воздействия вредного вещества на человека.

Разница в значениях ПДК для населенных мест и рабочей зоны объясняется тем, что жители находятся в атмосфере круглосуточно, а рабочий - в течение смены, на рабочих местах находятся здоровые люди, а в населенных пунктах есть дети, инвалиды, люди с ослабленным здоровьем.

Для каждого проектируемого и действующего предприятия устанавливается **предельно допустимый выброс** вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника (С) в совокупности с другими источниками (Сф) создадут приземную концентрацию, не превышающую предельно допустимую концентрацию (ПДК), т.е. должно выполняться условие:

$$C + C_{\text{ф}} \leq \text{ПДК}.$$

Для охраны атмосферы большое значение имеет **рациональное размещение** промышленных объектов относительно населенных мест: за чертой города, с подветренной стороны, на возвышенном месте, наличие санитарно-защитной зоны.

Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу. Краткая характеристика основных **методов очистки** газообразных выбросов приведена в табл.2.3.

При выборе метода и аппаратурного оформления для процессов газоочистки необходимо исходить из требований максимальной эффективности, простоты конструкции и обслуживания, компактности, наличия материальных и энергетических ресурсов.

Таблица 2.3 – Методы очистки газообразных выбросов в атмосферу

Наименование метода очистки	Типы аппаратов	Эффективность метода, %
Сухая очистка от твердых примесей	Гравитационные, инерционные, центробежные	40 - 60
Мокрая очистка от твердых и жидких примесей	Полые, насадочные, барботажно-пенные, центробежные, турбулентные	93 - 98
Очистка методом фильтрации от твердых и жидких примесей	Зернистые, волокнистые и тканевые фильтры	До 99
Электроочистка от твердых и жидких примесей	Однозональные, двухзональные, электромагнитные	До 99.7
Химическая очистка от газообразных примесей	Абсорбционные, адсорбционные, хемосорбционные	95 - 99
Термическая и термokatалитическая очистка от газообразных примесей	Термические, каталитические	-
Биохимическая очистка	Биофильтры, биоскрубберы	95 - 99

2.6 Вопросы для самоконтроля

- 1 Перечислить основные виды загрязнений воздуха рабочей зоны.
- 2 В чем заключается нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
- 3 Каким образом при нормировании содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны учитывается наличие одновременно нескольких веществ?
- 4 Охарактеризовать основные мероприятия по уменьшению действия вредных веществ на организм человека.
- 5 Какие параметры характеризуют метеорологические условия рабочей зоны?
- 6 В чем заключается принцип нормирования параметров микроклимата?
- 7 Охарактеризовать основные мероприятия по оздоровлению воздушной среды рабочей зоны.
- 8 Каким образом осуществляется защита работающих от источников теплоизлучений?
- 9 Каково назначение производственной вентиляции? Охарактеризовать основные виды вентиляции.
- 10 Охарактеризовать принципы расчета общеобменной вентиляции.
- 11 Охарактеризовать назначение, устройство и принцип расчета местной вентиляции.
- 12 В чем заключаются основные мероприятия по защите атмосферы?

3 Защита от производственного шума, инфразвука, ультразвука и вибраций

3.1 Производственный шум

В виде звука мы воспринимаем упругие колебания - волны, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде, если эти колебания лежат в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц. Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвук) и колебания с частотой выше 20 кГц (ультразвук) не слышимы для уха человека.

Шумом принято считать всякий нежелательный для человека звук, не несущий полезной информации. Шум на производстве снижает производительность труда, особенно при выполнении точных работ, маскирует опасность от движущихся механизмов, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях шума может привести к механическому повреждению органов слуха. Шум в бытовых условиях, особенно в ночное время, мешает нормальному отдыху.

Основные источники шума на производстве: кузнечно-прессовое и штамповочное оборудование, металлорежущие станки, вентиляционное оборудование. В бытовых условиях основным источником шума, проникающим в помещение извне, является шум транспортных средств и шум коммунального оборудования.

Физические **характеристики** шума:

- 1) Интенсивность шума - I , Вт/ м².
- 2) Звуковое давление - P , Па.
- 3) Звуковая мощность - N , Вт.

4) **Уровень** - L . Это относительная величина, введенная для удобства оценки шума, т.к. абсолютные значения характеристик шума могут изменяться в очень широких пределах, а восприятие шума ухом человека подчиняется логарифмической зависимости (ухо реагирует на относительные изменения). Используют 3 величины: уровень интенсивности звука L_I , уровень звукового давления L_P и уровень звуковой мощности L_N .

$$L_I = 10 \lg I / I_0, \quad L_P = 20 \lg P / P_0, \quad L_N = 10 \lg N / N_0.$$

В этих формулах I , P , N – фактические значения, I_0 - интенсивность звука на пороге слышимости, равная 10^{-12} Вт/м², а значения P_0 и N_0 принимают такими ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $N_0 = 10^{-12}$ Вт), чтобы для одного и того же звука выполнялось условие

$$L_I = L_P = L_N.$$

Единица измерения уровней - децибел. Одному белу соответствует увеличение интенсивности звука на пороге слышимости в 10 раз. Установлено, что орган слуха человека способен различать прирост звука на 0,1 Б (бел), т.е. на 1 дБ (децибел). Звуковые волны начинают вызывать болевые ощущения при значениях $P_0 = 200$ Па или $I_0 = 100$ Вт/м², что соответствует уровню интенсивности звука (звукового давления) 140 дБ.

5) **Частота колебаний**, Гц. Оценка громкости звука человеком зависит не только от уровня интенсивности, но и от частоты колебаний, т.к. звуки одинаковой интенсивности, но разной частоты воспринимаются как звуки разной громкости.

Для оценки субъективного восприятия человеком звуков разной частоты введены частотно-корректированные характеристики шумомеров А, В и С. Характеристика А позволяет дать интегральную

оценку уровня шума, близкую к оценке этого шума человеком (осуществляется моделирование восприятия шума ухом человека - не выделяются отдельные частоты, низкие частоты срезаются, а более объективно замеряются высокие частоты). Результат записывается с указанием названия диапазона шумомера, например 50 дБА.

Шум может быть представлен в виде суммы гармонических колебаний. Разложение шума на гармонические составляющие (на отдельные тона) называется спектральным анализом. В зависимости от характера шума его спектр может быть дискретным (тональным), непрерывным (широкополосным) или смешанным. Звуковой диапазон частот делится на 3 области: низкочастотную (16 - 400 Гц), среднечастотную (400 - 1000 Гц) и высокочастотную (1000 - 20000 Гц). Наиболее чувствительно ухо к колебаниям в диапазоне частот от 1000 до 3000 Гц.

При анализе шума спектр (диапазон звуковых частот) разбивается на октавные полосы, в которых верхняя частота в 2 раза больше нижней. Полоса характеризуется среднегеометрической частотой $f_{с.г}$, Гц:

$$f_{с.г} = (f_{в} \cdot f_{н})^{1/2},$$

где $f_{в}$, $f_{н}$ - верхняя и нижняя частоты полосы (октавы), Гц.

Приняты следующие среднегеометрические частоты: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. За эталонную частоту при нормировании уровня шума принята частота 1000 Гц.

6) **Направленность** источника шума. Источники шума часто излучают энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения. Это характеризу-

ется фактором направленности Φ и показателем направленности G . Фактор направленности определяется отношением интенсивности, создаваемой направленным источником в данной точке, I_k к интенсивности I_{cp} , которую развил бы в этой же точке ненаправленный источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук во все стороны одинаково:

$$\Phi = I / I_{cp} \quad G = 10 \lg \Phi.$$

По временным характеристикам шумы бывают: постоянные (уровень меняется не более чем на 5 дБА за 8-часовой рабочий день), непостоянные (прерывистые, импульсные, колеблющиеся во времени). По происхождению шум может быть: механический, аэродинамический, гидродинамический, электромагнитный.

Нормирование шумов в производственных помещениях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-89 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». При нормировании шума используют 2 метода: нормирование по предельному спектру шума и нормирование уровня звука в децибеллах по шкале А - дБА.

Первый метод является основным для постоянных шумов. Здесь нормируются уровни звуковых давлений в 8 октавных полосах. Совокупность 8 допустимых уровней звукового давления называется предельным спектром (ПС). Причем с ростом частоты допустимые уровни уменьшаются. Вид предельного спектра для данного помещения определяется характером выполняемых работ. Номер предельного спектра численно равен допустимому уровню шума в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1 кГц. Например, ПС-80: при частоте 63 Гц - 99 дБ, при 125 Гц -

92 дБ, при 250 Гц - 86 дБ, при 500 Гц - 83 дБ, при 1000 Гц - 80 дБ, при 2000 Гц - 78 дБ, при 4000 Гц - 76 дБ, при 8000 Гц - 74 дБ.

Согласно ГОСТу рекомендуются следующие предельные спектры:

- постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях - ПС-80;
- помещения конструкторского бюро, расчетчиков, программистов, лабораторий для теоретических работ - ПС-45;
- помещения управления - ПС-55;
- кабины наблюдений и дистанционного управления - ПС-75;
- помещения и участки точной сборки - ПС-60;
- помещения для проведения экспериментальных работ - ПС-75.

Второй метод используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума в тех случаях, когда не известен спектр шума. Уровень шума, измеренный по шкале А шумомера, называется эквивалентным уровнем звука (дБА).

Эквивалентный уровень звука ($L_{дБА}$) связан с номером предельного спектра (№ПС) следующей зависимостью:

$$L_{дБА} = \text{№ПС} + 5.$$

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни принимаются на 5 дБ меньше значений, приведенных в ГОСТах.

Шум в жилых помещениях нормируется ГОСТ 12.1.036-81ССБТ. «Допустимые уровни шума в жилых и общественных зданиях» на уровне 40 дБА днем и 30 дБА в ночное время.

Акустические расчеты выполняются на стадии проектирования рабочих мест, участков цехов. Исходные данные для расчетов:

акустическая характеристика помещения, размещение оборудования на участке (план), шумовые характеристики производственного оборудования (уровень звуковой мощности). Задачей расчета является определение уровня звукового давления в расчетных точках, необходимого снижения шума и разработка мероприятий по снижению шума до допустимых величин.

При действии источника шума с уровнем звуковой мощности L_N уровень интенсивности шума L в расчетной точке определяется выражением

$$L = L_N + G - 10 \lg(2 \pi r^2) + \Delta L,$$

где G - показатель направленности;

r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

ΔL – затухание звука, дБ, за счет преодоления различных препятствий, при отсутствии препятствий и небольших (до 50 м) расстояниях равно нулю.

При наличии нескольких источников шума интенсивности создаваемых ими звуковых волн складываются:

$$L = 10 \lg \left(\sum 10^{0.1 L_i} \right).$$

Если шум создается равными по интенсивности источниками, то

$$L = L_i + 10 \lg n,$$

где n - число равношумовых источников шума;

L_i - уровень шума одного источника, дБ.

Для снижения шума применяют следующие **методы**:

1) **строительно-планировочные мероприятия** (размещение объектов на промышленных площадках, объединение шумных объектов в единый блок, выбор строительных материалов, озеленение);

2) санитарно-гигиенические мероприятия (удаление рабочих мест из шумных зон, перепланировка помещений, дополнительный отдых рабочих шумных производств);

3) уменьшение шума в самом источнике за счет изменения конструкции оборудования или технологии (увеличение жесткости конструкции, замена металла на пластмассы, замена зубчатых передач на фрикционные, замена ударной штамповки выдавливанием, изменение скоростей резания, введение смазки и т.д.);

4) применение экранов (звукопоглощающих, звукоизолирующих) и глушителей;

5) применение средств индивидуальной защиты (наушники, шлемы, вкладыши).

Величина снижения шума ΔL при звукопоглощении определяется следующим образом:

$$\Delta L = 10 \lg (A_2 / A_1),$$

где A_1, A_2 - постоянные помещения до и после акустической обработки.

Эффективность изоляции шума оценивают по величине звукоизоляции R , дБ:

$$R = 10 \lg (I_{\text{пад}} / I_{\text{пр}}),$$

где $I_{\text{пр}}, I_{\text{пад}}$ - интенсивность прошедших и падающих звуковых волн.

3.2 Инфразвук и ультразвук

Воздействие на человека инфразвука вызывает чувство тревоги, стремление покинуть помещение. Основными источниками

инфразвука являются двигатели внутреннего сгорания, поршневые компрессоры и другие тихоходные машины, работающие с числом рабочих циклов менее 20 в секунду. При действии инфразвука с уровнями 100-120 дБ возникают головные боли, чувство страха, работоспособности, нарушение функций вестибулярного аппарата, а при частоте 5-10 Гц - чувство вибрации внутренних органов.

Уровень звукового давления в области инфразвука **регламентируется** СН-22-74-80 в октавных полосах 2, 4, 8 и 16 Гц на уровне не более 105 дБ, а в полосе 32 Гц - на уровне 102 дБ. При длительном воздействии инфразвука у человека появляется слабость, утомляемость, раздражительность, нарушается сон. Наиболее опасен для человека инфразвук с частотой 8 Гц в связи с тем, что эта частота совпадает с α -ритмом биотоков мозга.

Основные **методы** борьбы с инфразвуком: повышение быстроходности машин (перевод максимума излучения в область слышимых частот), повышение жесткости конструкций, установка глушителей, изоляции, поглотителей.

Действие **ультразвука** вызывает головные боли, быструю утомляемость, длительное воздействие приводит к расстройству центральной нервной системы.

Используется ультразвук в сварочных и литейных цехах чаще всего для обнаружения дефектов в отливках и сварных швах, для пайки и сварки изделий, для обработки сверххрупких и сверхтвердых материалов, в медицине, для очистки загрязненного воздуха, для интенсификации технологических процессов при очистке и обезжиривании деталей и др.

Уровень звуковых давлений в области ультразвука в соответствии с ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности» в полосах со среднегеометрическими частотами 12,5-25 кГц не должен превышать 80-105 дБ, от 31,5 до 100 кГц - 110 дБ. На более высоких частотах уровни ультразвука не нормируются.

Защита от действия ультразвука через воздух - использование оборудования более высоких рабочих частот, применение кожухов, устройство экранов (прозрачных) между оборудованием и работающими, размещение ультразвуковых установок в специальных помещениях или кабинах.

Защита при контактном действии ультразвука заключается в полном исключении непосредственного соприкосновения работающих с инструментом, жидкостью и изделиями за счет звукоизоляции и звукопоглощения, механизации и автоматизации процессов, применения средств индивидуальной защиты (двойные перчатки - х/б и резиновые).

3.3 Вибрация

Под вибрацией обычно понимают сложные колебания в механических системах. С физической точки зрения между шумом и вибрацией принципиальной разницы нет. Отличие лишь в восприятии: вибрация воспринимается вестибулярным аппаратом и органами осязания, а шум - органами слуха. **Вибрация** представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Колебания механических тел с частотой ниже 20 Гц вос-

принимается как вибрация, а с частотой выше 20 Гц - одновременно и как вибрация и как звук.

Принято различать **общую и локальную вибрацию**. Общая вибрация действует на весь организм человека через опорные поверхности - сидение, пол; локальная вибрация оказывает действие на отдельные части тела.

Источники вибрации: ручной пневмоинструмент, а также различные технологические процессы, механизмы, машины и их рабочие органы (двигатели внутреннего сгорания, выбивные решетки литейных цехов, формовочные, центробежные машины, рубильные молотки, трамбовки, кузнечно-прессовое оборудование, шлифовальные и полировальные станки, гидropескоструйное, дробеструйное, виброобразивное оборудование и др.).

Характер воздействия вибрации на человека зависит от диапазона частот колебаний, направления их действия, продолжительности воздействия, вида вибрации. Общая вибрация с частотой ниже 0,7 Гц (качка) приводит к морской болезни. Вибрация с частотой 6-9 Гц (совпадает с частотой колебания внутренних органов) может привести к разрыву тканей и внутренним кровоизлияниям. Локальная вибрация вызывает спазмы кровеносных сосудов, способствует отложению солей, при длительном воздействии вызывает хроническое профзаболевание - вибрационную болезнь. Как при общей, так и при локальной вибрации нарушается деятельность центральной нервной системы.

Основные **характеристики** вибрации: частота f , (герц), виброскорость v (метр за секунду), амплитуда колебаний A (миллиметр).

Абсолютные значения параметров вибрации меняются в широких пределах, поэтому введено понятие уровня виброскорости, измеряемое в децибелах:

$$L_v = 20 \lg (v / v_0) ,$$

где v_0 - пороговое значение виброскорости, $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м /с.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрация. Общие требования безопасности» **нормирование** вибронагрузки осуществляется отдельно в каждой стандартной октавной полосе, различно для общей и локальной вибраций. Общая вибрация нормируется с учетом свойств источника ее возникновения и делится на вибрацию: транспортную, транспортно-технологическую и технологическую. Нормируемыми параметрами являются уровни виброскорости в октавных полосах частот (2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц) или амплитуды перемещений. Нормы по ограничению локальной вибрации - в октавных полосах со среднегеометрическими значениями 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Методы снижения вибрации:

-уменьшение уровня вибрации в самом источнике за счет совершенствования конструкций машин и процессов;

-отстройка от режима резонанса (изменением массы или жесткости системы и др.);

-вибродемпфирование (вибропоглощение) - использование конструктивных материалов с большим внутренним трением, нанесение на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение (пластмассы, дерево, резина);

-виброизоляция при помощи устройства амортизаторов, т.е. введение в колебательную систему дополнительной упругой связи;

-активная виброзащита - введение дополнительного источника энергии, осуществляющего обратную связь от изолируемого объекта к системе виброизоляции;

-средства индивидуальной защиты (обувь, перчатки, накладки, антивибрационные пояса, подушки, прокладки, виброгасящие коврики, виброгасящая обувь);

-режим труда и отдыха (не более 2/3 рабочей смены действие вибрации), перерывы, ежегодные медицинские осмотры;

-социально-гигиенические мероприятия.

3.4 Вопросы для самоконтроля

1 В чем заключается действие на человека шума, инфра- и ультразвука?

2 Как осуществляется нормирование влияния шума на человека в производственных условиях?

3 Охарактеризовать основные методы защиты работающих от производственного шума.

4 Каким образом осуществляется нормирование действия инфра- и ультразвука на работающих?

5 Какое действие оказывают на человека производственные вибрации?

6 Как осуществляется нормирование действия вибрации на человека в производственных условиях?

7 Охарактеризовать основные методы защиты работающих от производственных вибраций.

4 Производственное освещение

4.1 Светотехнические характеристики

К оптической области излучений принято относить электромагнитные колебания с длиной волны от 10 до 340000 нм, причем диапазон длин волн от 10 до 380 нм относится к области ультрафиолетового излучения, от 380 до 770 нм - к видимой части спектра и от 770 до 340000 нм - к области инфракрасного излучения. Глаз человека имеет наибольшую чувствительность к излучению с длиной волны 540-550 нм (желто-зеленый цвет).

Освещение помещения характеризуется количественными и качественными **показателями**. К количественным показателям относятся:

1) **Световой поток** F - часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет, измеряется в люменах (лм).

2) **Сила света** I - плотность светового потока в пределах единичного телесного угла w , измеряется в канделах (кд):

$$I = F / w,$$

Телесный угол (в стерadians) - часть пространства, заключенного внутри конической поверхности, в которой световой поток распространяется и равномерно распределяется.

3) **Освещенность** E - отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности S (в квадратных метрах), измеряется в люксах (лк):

$$E = F / S.$$

4) **Коэффициент отражения** ρ - отношение отраженного светового потока $F_{отр}$ к падающему $F_{пад}$:

$$\rho = F_{отр} / F_{пад}.$$

При значениях $\rho > 0,4$ фон считается светлым, при $0,2 < \rho < 0,4$ - средним, при $\rho < 0,2$ - темным.

5) **Яркость** L - поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света к площади проекции светящейся поверхности S на плоскость, перпендикулярную этому направлению, $кд / м^2$:

$$L = I / (S \cos).$$

6) **Контраст объекта с фоном** K :

$$K = (L_{\phi} - L_o) / L_{\phi},$$

где L_o , L_{ϕ} - яркость объекта и фона.

При $K > 0,5$ контраст считается большим, при $0,2 < K < 0,4$ - средним и при $K < 0,2$ - малым; при $K = 0$ объект и фон могут быть различимы только по цвету.

К качественным показателям относятся коэффициент пульсации, спектральный состав, показатель ослепленности.

Переход от одной яркости к другой требует определенного времени на адаптацию зрения, которая может составлять при переходе из темного в ярко освещенное помещение 1,5-2 мин, при обратном переходе - до 5-6 мин, в течение которых человек плохо различает окружающие предметы, что может послужить причиной несчастного случая. При пульсации светового потока возникает стробоскопический эффект, вследствие чего вращающиеся предметы могут казаться неподвижными или имеющими другое направле-

ние вращения, что также может привести к травмам. Недостаточная освещенность при напряженной зрительной работе или частая переадаптация зрения приводят к быстрому утомлению, возникновению головных болей, ухудшению зрения.

4.2 Виды освещения, нормирование

Различают искусственное, естественное и совмещенное освещение помещений. Использовать в качестве рабочих помещения, в которых отсутствует естественное освещение, разрешается только в особых случаях, когда это диктуется особенностями производства. При этом люди, работающие в таких помещениях, должны подвергаться ультрафиолетовому облучению под надзором врача.

В зависимости от конструкции здания **естественное освещение** бывает боковое (свет падает на рабочую поверхность сбоку с одной или с двух сторон через световые оконные проемы), верхнее (через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях) и комбинированное (верхнее + боковое).

Для оценки качества естественного освещения используют **коэффициент естественной освещенности e** , представляющий собой отношение освещенности рабочей поверхности $E_{р.м}$ к освещенности вне здания $E_{с.н}$ в данный момент времени, выраженное в процентах:

$$e = 100 (E_{р.м} / E_{с.н}).$$

Коэффициент естественной освещенности является величиной постоянной для данного рабочего места, он зависит от размеров оконных проемов, вида остекления и переплетов, их загрязнения,

т.е. способности системы естественного освещения пропускать свет.

Искусственное освещение производственных помещений подразделяется на рабочее, аварийное и специальное (охранное, дежурное, эритемное, бактерицидное). Аварийное освещение необходимо для продолжения работ и для эвакуации.

Различают рабочее освещение общее, местное и комбинированное (общее + местное). Общее освещение - необходимая для выполнения работ освещенность создается на всей территории рабочей зоны, комбинированное - общее освещение обеспечивает только отсутствие резких яркостных перепадов на территории рабочей зоны, а необходимая для выполнения работ освещенность создается с помощью местных светильников непосредственно на рабочем месте. Применение одного местного освещения в производственных помещениях не допускается, а в домашних условиях не рекомендуется, т.к. приводит к быстрому утомлению глаз.

Нормирование освещения осуществляют согласно СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». Нормы на естественное освещение учитывают напряженность зрительной работы, которая оценивается по размеру минимального объекта различения (8 разрядов 1-VIII), и систему освещения (боковое, верхнее, комбинированное). При боковом освещении нормируется минимальное, а в остальных случаях - среднее значение коэффициента естественной освещенности.

Коэффициент естественной освещенности следует уточнять по формуле

$$e = e_n m c ,$$

где m - коэффициент светового климата, $m = 0.9 \dots 1.0$,

c - коэффициент солнечности климата, определяется по нормативным таблицам в зависимости от ориентации здания относительно сторон света ($c = 0,65 \dots 1$);

e_n – коэффициент естественной освещенности, определяется по таблицам в зависимости от разряда зрительной работы и от системы освещения (табл.4.1).

Таблица 4.1 - Значения коэффициента естественной освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Коэффициент естественной освещенности, %	
		Верхнее и комбинированное освещение	Боковое освещение
Высокая точность	0.3...0.5	5	2
Средняя точность	0.5...1.0	4	1.5
Малая точность	1...5	3	1

Нормирование искусственной освещенности на рабочих местах осуществляют в зависимости от напряженности зрительной работы, контраста объекта и фона, яркости фона, типа источника света (люминесцентные или накаливания), системы освещения (общее или комбинированное).

В связи со сложностью выбора нормируемой освещенности по СНиПу часто используют ведомственные рекомендации, например в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Нормируемая освещенность и коэффициент запаса для механических цехов

Наименование параметра	Лампы накаливания	Газоразрядные лампы
Освещенность, лк	150	200
Коэффициент запаса	1.4	1.5

Данные рекомендации можно использовать для расчета освещения сварочных, кузнечных и других машиностроительных цехов.

При использовании комбинированной системы освещения светильники общего света должны давать не менее 10% освещенности рабочей поверхности.

4.3 Выбор источников освещения и светильников

В качестве источников света в настоящее время применяют лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Основными **характеристиками** источников света являются:

- электрические характеристики (напряжение, мощность);
- светотехнические характеристики (световой поток, сила света);
- экономические и эксплуатационные характеристики (светоотдача, срок службы);
- конструкционные характеристики (форма колбы лампы, форма тела накала, наличие и состав газа, заполняющего колбу, давление газа).

Светоотдача - это отношение светового потока лампы к ее электрической мощности (люмен на ватт).

Достоинства **ламп накаливания** – удобство в эксплуатации, простота изготовления, низкая стоимость, широкая номенклатура, отсутствие дополнительных устройств для включения в сеть. Недостатками ламп накаливания являются низкая светоотдача (от 7 до 20 лм /Вт), сравнительно малый срок службы (до 2000 ч), преобладание в спектре желтых и красных лучей, что приводит к искажению цветопередачи.

В **газоразрядных лампах** излучения оптического диапазона возникают в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явления люминесценции. Достоинством этих ламп является большая светоотдача (от 40 до 110 лм /Вт), большой срок службы (8000...15000 ч), возможность получения светового потока практически в любой части спектра. Недостатками газоразрядных ламп являются наличие пульсации излучения, необходимость применения сложных пусковых приспособлений, сильное загрязнение и сложность чистки.

Светильниками называют совокупность источника света и осветительной арматуры. Светильники обычно выполняют функции защиты источников света от механических и климатических воздействий, перераспределение светового потока, защиты глаз от прямого света источника большой яркости. В зависимости от характера перераспределения светового потока светильники бывают прямого света, рассеянного и отраженного света. В зависимости от уровня защиты от механических повреждений и климатических воздействий светильники бывают открытого, защищенного, пылене-

проницаемого, влагозащищенного, взрывозащищенного и взрывобезопасного исполнения.

4.4 Принципы расчета освещения

Для расчета освещения применяют 2 основных метода: точечный и метод светового потока. Преимуществом **точечного метода** является возможность рассчитать освещенность на наклонной и вертикальной рабочей поверхности, недостатком - большой объем расчетов, сложность расчета для неточечных источников света, игнорирование отраженного от стен и потолка светового потока. Преимуществом **метода светового потока** является простота расчета, учет отраженного светового потока, а недостатком - невозможность расчета освещенности, создаваемой местными светильниками и на наклонной плоскости.

Перед расчетом осветительных установок необходимо выбрать тип светильников, соответствующий условиям эксплуатации, их высоту подвеса и ориентировочное размещение в помещении.

Расчет **методом светового потока** ведется по формуле

$$F = E_n S z k / \eta n,$$

где F - световой поток одной лампы, лм;

E_n - нормированная минимальная освещенность, лк;

S - площадь освещаемого помещения, м²;

z - коэффициент неравномерности освещения (1,1...1,5);

k - коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности из-за загрязнения и старения лампы (1,2...1,7);

η - коэффициент использования осветительной установки (0,2...0,7);

n - количество ламп или светильников.

По найденному значению светового потока подбирается лампа. Если ламп с требуемым световым потоком нет или они не могут быть установлены в выбранном светильнике, то необходимо изменить либо тип светильника, либо их расстановку и высоту подвеса. Например, использовать кустовое размещение светильников. Расчет считается законченным, если расчетное значение освещенности отличается от требуемого не более чем на 10 - 20 %.

В основе расчета освещенности **точечным методом** лежит уравнение

$$E = I_{\alpha} \cos \alpha / r^2,$$

где I_{α} – сила света в направлении от источника света до данной точки рабочей поверхности, кд;

α – угол падения световых лучей, т.е. угол между световым лучом и нормалью к поверхности;

r –расстояние от источника света до расчетной точки, м.

При расчете **естественного освещения** определяют площадь световых проемов:

а) при боковом освещении -

$$S_o = e_n S h_o k_3 k_{зд} / r_1 t_o 100;$$

б) при верхнем освещении -

$$S_{\phi} = e_n S h_{\phi} k_3 / r_2 t_o 100,$$

где S_o, S_{ϕ} - площадь окон и фонарей, м²;

e_n - нормированное значение коэффициента естественной освещенности, %;

S - площадь цеха (пола), m^2 ;

h_o - световая характеристика окон (8.0...15);

h_f - световая характеристика фонаря (3.0...5.0);

k_z - коэффициент запаса (1.5...2.0);

$k_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон соседними зданиями (1...1.7);

t_o - общий коэффициент светопропускания одного проема или фонаря с учетом затенения (0.15...0.6);

r_1, r_2 - коэффициенты, учитывающие повышение коэффициента естественной освещенности от отраженного света: $r_1 = 1.5...3$ (причем, большее значение - при одностороннем освещении, меньшее - при двухстороннем), $r_2 = 11...1.4$.

По рассчитанной площади световых проемов и фонарей определяют их размер и число.

Искусственное и естественное освещение может быть эффективно только при тщательном **обслуживании** входящих в состав системы узлов и устройств. Вследствие продолжительной эксплуатации ламп (накаливания и люминесцентных) их световой поток снижается соответственно на 10-15 и 20-25%. Тщательный и регулярный уход за осветительными установками имеет важное значение для создания рациональных условий освещения. Чистка стекол световых проемов должна производиться не реже 2 раз в год для помещений с незначительным выделением пыли и не реже 4 раз в год при значительном выделении пыли; для светильников - 4-12 раз в год (в зависимости от характера запыленности производственного помещения). Для различных предприятий устанавливаются конкретные требования, отражающие специфику данного производства.

Светильники общего и местного освещения, подвешенные ниже 2,5 м от уровня пола, должны иметь напряжение не выше 42 В. Переносные источники света должны иметь напряжение не выше 42 В, а при работах в особо опасных условиях (резервуары, канавы, колодцы, тоннели) - не выше 12 В. Конструкция переносного светильника должна исключать всякую возможность прикосновения к токоведущим частям. При эксплуатации осветительной установки необходимо периодически проверять: состояние изоляции проводов, уровень освещенности в контрольных точках производственного помещения (не реже одного раза в год после очередной чистки светильников и замены перегоревших ламп). Основной прибор для измерения освещенности - люксметр.

4.5 Вопросы для самоконтроля

- 1 Охарактеризовать светотехнические характеристики.
- 2 Какие виды освещения используются в производственных условиях?
- 3 Как осуществляется нормирование искусственного и естественного освещения?
- 4 Какие основные источники света используются в производственных условиях?
- 5 Перечислить основные характеристики источников света.
- 6 Охарактеризовать достоинства и недостатки ламп накаливания и газоразрядных ламп. Какие функции выполняют светильники?

7 Какие методы используются для расчета искусственного и естественного освещения?

8 Каким образом осуществляется эксплуатация и контроль светильников?

5 Защита от излучений

5.1 Электромагнитные поля и излучения

Человек и окружающая его природная среда находятся под постоянным воздействием электромагнитных полей (ЭМП), прежде всего естественного магнитного поля Земли. Напряженность естественного поля возрастает с широтой местности, однако имеются региональные и локальные аномалии. Геомагнитное поле воздействует на все живое, в том числе и на человека. В периоды магнитных бурь, связанных с увеличением солнечной активности, увеличивается количество сердечно-сосудистых заболеваний, ухудшается состояние больных, страдающих гипертонией и т.д.

В настоящее время уровень электромагнитных полей антропогенного происхождения в сотни раз превышает естественный уровень геомагнитного поля. Различают электромагнитные поля промышленной частоты (ЭППЧ) и электромагнитные поля радиочастот (ЭПРЧ). Источниками ЭППЧ являются линии электропередачи (ЛЭП), электрифицированные транспортные линии, а ЭПРЧ - радиопередающие устройства, телевизионные центры, радиотехническое и радиолокационное оборудование систем управления воздушным движением, навигацией и посадкой.

При оценки опасности ЭМП необходимо учитывать электрическую E (вольт на метр) и магнитную H (ампер на метр) составляющие их напряженности. Неблагоприятное воздействие магнитной составляющей электромагнитных полей промышленной частоты проявляется при напряженностях порядка 150-200 А/м. В большинстве случаев напряженность не превышает 20-25 А/м, поэтому потенциальная опасность полей чаще всего оценивается величиной электрической составляющей напряженности поля. ЭМП характеризуется длиной волны (метр) и частотой колебаний (герц). Электромагнитные поля делятся на следующие частотные диапазоны: диапазон высоких частот - длинные (10000-1000 м), средние (1000-100 м); ультравысокие частоты – короткие (100-10 м), ультракороткие (10-1 м); сверхвысокие частоты – дециметровые (1-0.1 м), сантиметровые (0.1-0.01 м), миллиметровые (0.01-0.001 м).

Виды действия ЭМП на человека:

-тепловое (нагрев может привести к изменениям и даже повреждениям ткани, возможен перегрев организма, изменение частоты пульса, сосудистых реакций, наиболее чувствительны органы со слабой терморегуляцией - мозг, хрусталик глаза);

-морфологическое (влияние на ЦНС, сердечно-сосудистую систему, субъективные ощущения - головные боли, утомляемость, боли в области сердца);

- функциональное (нервно-психические заболевания, трофические явления - выпадение волос, ломкость ногтей; наиболее уязвимы - мозг, желчный пузырь, глаза).

Биологическое воздействие ЭМП связано с изменением ориентации клеток и молекулярных цепей в соответствии с изменением направления силовых линий поля и приводит к изменениям в струк-

туре клеток крови, в эндокринной системе, к помутнению хрусталика глаза.

Степень воздействия зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, длительности его воздействия, размера облучаемой поверхности тела, режима облучения (непрерывный или прерывистый), одновременного действия других неблагоприятных факторов окружающей среды.

Предельно допустимые уровни значений напряженности ЭППЧ установлены "Правилами устройства электроустановок" и не должны превышать: внутри жилых зданий - 0,5 кВ/м, на территории зоны жилой застройки - 1 кВ/м, вне зоны жилой застройки - 5 кВ/м, на участках пересечения ЛЭП с автодорогами - 10 кВ/м, в ненаселенной местности (сельскохозяйственные угодья и часто посещаемые места) - 15 кВ/м, а в труднодоступной местности и на участках, выгороженных для исключения доступа людей - 20 кВ/м.

Для защиты населения от воздействия ЛЭП устанавливаются санитарно-защитные зоны. Границы зоны по обе стороны линии должны составлять: 20 м от крайних фазных проводов при напряжении 330 кВ, 30 м - при 500 кВ, 40 м - при 750 кВ, 55 м - при 1150 кВ. Высокий кустарник, деревья, постройки из дерева и кирпича являются экранами для ЭППЧ.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» время пребывания человека в зоне действия ЭППЧ устанавливается в зависимости от значения напряженности поля: при $E \leq 5$ кВ/м допускается присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов; при $5 \leq E \leq 10$ кВ/м допустимое время не более 180 мин; при $10 \leq E \leq 15$ кВ/м

- не более 90 мин; при $15 \leq E \leq 20$ кВ/м - не более 10 мин; при $20 \leq E \leq 25$ кВ/м - не более 5 мин. Воздействие на людей ЭПЧ с напряженностью более 25 кВ/м не допускается при отсутствии средств защиты.

Пространство, в котором напряженность поля равна или превышает 5 кВ/м, называют опасной зоной или зоной влияния. Приближенно можно считать, что эта зона лежит в пределах круга с центром в точке расположения ближайшей токоведущей части, находящейся под напряжением, и радиусом 20 м для электроустановок 400-500 кВ и радиусом 30 м для электроустановок 750 кВ.

Допустимые уровни ЭПЧ на рабочих местах регламентируются ГОСТ 12.1.006-88 ССБТ «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», в соответствии с которым ЭПЧ следует оценивать по их интенсивности и создаваемой ими энергетической нагрузке.

В диапазоне частот 60 кГц - 300 МГц интенсивность ЭПЧ характеризуется напряженностью электрической и магнитной составляющих поля, а энергетическая нагрузка (ЭН) оценивается следующим образом:

$$\mathbf{ЭН_E = E^2 T, \quad ЭН_H = H^2 T,}$$

где T - продолжительность воздействия поля, ч.

В диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц интенсивность ЭПЧ характеризуется поверхностной плотностью потока энергии (ППЭ), а энергетическая нагрузка оценивается:

$$\mathbf{ЭН_{ППЭ} = ППЭ T.}$$

Предельные значения напряженности поля и энергетической нагрузки должны соответствовать значениям, приведенным в табл.5.1, 5.2.

При одновременном воздействии электрической и магнитной составляющих поля должно выполняться условие

$$\mathbf{ЭН_E / ЭН_{Ен} + ЭН_H / ЭН_{Hн} \leq 1 ,}$$

где $\mathbf{ЭН_{Ен}}$ и $\mathbf{ЭН_{Hн}}$ - предельные значения энергетической нагрузки.

Таблица 5.1 – Предельные значения напряженности и энергетической нагрузки электромагнитных полей

Параметр	Предельные значения в диапазоне частот, МГц		
	0.06...3	3...30	30...300
Е, В/м	500	300	80
Н, А/м	50	-	-
$\mathbf{ЭН_E, (В/м)^2ч}$	20000	7000	800
$\mathbf{ЭН_H, (А/м)^2ч}$	200	-	-

Таблица 5.2 – Нормирование в области сверхвысоких частот

ППЭ, Вт/м ²	Время пребывания	Примечание
До 0.1	Весь рабочий день	-
До 1	2 ч	Остальное время – не более 0.1 Вт/м ²
До 10	10 мин	То же

Если человек подвергается воздействию полей от нескольких источников, работающих в диапазоне с единым значением предельно допустимого уровня, то должны выполняться условия:

$$\text{ЭН}_{\text{E1}} + \text{ЭН}_{\text{E2}} + \dots + \text{ЭН}_{\text{En}} \leq \text{ЭН}_{\text{Едоп}},$$

$$\text{ЭН}_{\text{H1}} + \text{ЭН}_{\text{H2}} + \dots + \text{ЭН}_{\text{Hn}} \leq \text{ЭН}_{\text{Hдоп}}.$$

Если источники работают в диапазонах с разными предельно допустимыми уровнями, то оценивается эффект суммации, например:

$$\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}/\text{ЭН}_{\text{ППЭдоп}} + \text{ЭН}_{\text{Е}}/\text{ЭН}_{\text{Едоп}} \leq 1.$$

Мероприятия по защите окружающей среды и персонала от ЭМП можно разделить на следующие группы:

-организационные - оптимизация расположения излучающих объектов, контроль интенсивности электромагнитных излучений (не реже 1 раза в 6 месяцев), дополнительный отпуск, сокращенный рабочий день, допуск к работе лиц не моложе 18 лет и не имеющих заболеваний ЦНС, сердца, глаз;

-санитарно-гигиенические - проведение периодического медосмотра, физиотерапия и др.;

-инженерно-технические - защита расстоянием, защита временем, экранирование, использование средств индивидуальной защиты (спецодежда из ткани с вплетенной металлической нитью, очки с металлизированными стеклами, средства защиты рук, лица, головы).

5.2 Ионизирующее излучение

Человек не обладает органами чувств, реагирующими на ионизирующее излучение. Реакция на его воздействие, в зависимости от дозы облучения, возникает в интервале от нескольких десятков ми-

нут до нескольких десятков лет и может проявляться даже через несколько поколений.

Естественный фон радиоактивного излучения, обусловленный радиоактивностью горных пород, рассеянными в окружающей среде нестабильными изотопами и космическим излучением, обычно не превышает $(4-5) \cdot 10^{-8}$ Гр/ч. Основными источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды являются атомные энергетические установки, предприятия по переработке ядерного топлива и радиоактивных отходов, отвалы горных пород и золы теплоэлектростанций.

Ионизирующее излучение делится на **корпускулярное** (альфа, бета, нейтронное) и **фотонное** (рентгеновское, гамма). Облучение может быть внешним и внутренним, т.е. вызванным источниками, входящими в состав организма или попавшими в него с воздухом, водой или пищей. При внешнем облучении наиболее опасны бета, гамма и нейтронное излучение, при внутреннем - опасны все виды излучений, т.к. действуют непрерывно и практически на все органы.

Действие ионизирующего излучения на живые организмы заключается в разрыве молекулярных связей, изменении химической структуры соединений, входящих в состав организма, образовании "осколков" молекул - радикалов, обладающих высокой химической активностью, а иногда и чрезвычайно токсичных, нарушении структуры генного аппарата клетки. Это приводит к изменению ее наследственного кода и, следовательно, нарушает условия воспроизводства клеткой и организмом в целом себе подобных, что вызывает развитие раковых опухолей и появление мутантов в последующих поколениях. Биологический эффект воздействия тем выше, чем выше уровень создаваемой им ионизации, т.е. пропорционален

числу пар ионов, образующихся в тканях организма. Даже при незначительных дозах облучения происходит торможение функций кроветворных органов, нарушение свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, ослабление иммунной системы. Большие дозы облучения приводят к гибели организма.

Для оценки ионизирующего излучения приняты следующие основные **характеристики**:

-Активность радиоактивного вещества - число спонтанных ядерных превращений dN за промежуток времени dt , измеряется в беккерелях (Бк), $1\text{Бк}=1/\text{с}$:

$$A=dN/dt.$$

-Экспозиционная доза – характеризует эффект ионизации и равна заряду одного знака, образовавшемуся в единице массы атмосферного воздуха под действием ионизирующего излучения; измеряется в кулонах на килограмм (Кл/кг), часто используется внесистемная единица – рентген (Р); $1\text{Р} = 0.285\text{ мКл/кг}$:

$$D_{\text{экс}}= Q/m.$$

-Поглощенная доза - средняя энергия dE , переданная излучением веществу в некотором малом объеме, отнесенная к массе вещества dm в этом объеме; измеряется в джоулях на килограмм (Дж/кг) или в специальных единицах системы СИ – Грех (Гр), $1\text{Гр} = 1\text{ Дж/кг}$; внесистемная единица измерения – рад, $1\text{ рад} = 0.01\text{ Гр}$:

$$D_{\text{погл}}=dE/dm.$$

-Эквивалентная доза – величина введена для учета биологического действия различных видов излучения и равна произведению поглощенной биологической тканью дозы $D_{\text{погл}}$ на безразмерный

коэффициент для данного вида излучений K (коэффициент качества); эквивалентная доза измеряется в зивертах (Зв);

$$D_{\text{экв}} = K D_{\text{погл}}$$

Коэффициент качества для рентгеновского, γ - и β -излучений равен 1, для α -излучения – 10, для нейтронного – от 3 до 10 в зависимости от энергии.

Часто используют внесистемную единицу – бэр (биологический эквивалент рада), – это такая доза, которая создает тот же биологический эффект, что и доза в 1 рад рентгеновского или γ -излучения; 1 бэр = 0,01 Зв.

Предельно допустимые уровни облучения людей устанавливаются "Нормами радиационной безопасности (НРБ-98)" и "Основными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ИИ ОСП-72/87". В соответствии с НРБ-98 все население делится на 2 категории: персонал, непосредственно работающий с источниками излучения, и все население (категория В). Персонал, в свою очередь, делится на 2 группы: А - работающие с источниками излучения, Б - по условиям работы находящиеся в сфере их воздействия.

Радиоактивные вещества неравномерно распределяются в различных органах и тканях. Степень их поражения зависит не только от величины дозы, но и от критического органа, в котором происходит наибольшее накопление радиоактивных веществ, приводящее к поражению всего организма человека. НРБ-98 устанавливают предельно допустимую дозу (ПДД) внешнего и внутреннего облучения в зависимости от групп критических органов и категории облучаемых лиц. ПДД устанавливаются (в порядке убывания радио-

чувствительности) для 3 групп критических органов или тканей человека: 1 - все тело, костный мозг, 11 - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, хрусталик глаза, 111 - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы. (табл. 5.3).

Меры защиты от ионизирующего излучения:

-защита временем - продолжительность пребывания работника в опасной зоне не должна превышать времени, в течение которого он получает допустимую дозу;

-защита расстоянием - интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния до его источника;

Таблица 5.3 – Предельно допустимые дозы внешнего облучения населения, бэр/год

Категория населения	Группа критических органов		
	1-я	11-я	111-я
А	5	15	30
Б	0.5	1.5	3.0

-экранирование - экраны имеют разнообразную конструкцию (стационарные, передвижные, разборные, настольные); для α -излучений достаточная защита - слой воздуха в несколько сантиметров, одежда, резиновые перчатки; для β -излучений применяют алюминий, карболит, плексиглас; для γ -излучений - свинец, вольфрам, чугун, нержавеющая сталь, медные сплавы; для нейтронного излучения - вода, парафин, бериллий, графит, бетон с соединениями бора;

-индивидуальные средства защиты (СИЗ) - предохраняют от попадания радиоактивных веществ на кожу и внутрь организма, защищают от α - и β -излучения; от γ - и нейтронного излучения, как правило, не защищают; к СИЗ относят хлопчатобумажные халаты, шапочки, резиновые перчатки, поливинилхлоридные комбинезоны, ботинки, очки, респираторы;

-дозиметрический контроль - осуществляется с целью предупреждения превышения допустимой дозы облучения, своевременного выявления и устранения источников излучения и загрязнения воздуха радиоактивными веществами; контроль может быть общим и индивидуальным, осуществляется с помощью счетчиков Гейгера, ионизационных камер и т.п.

5.3 Вопросы для самоконтроля

1 В чем проявляется действие и каковы основные источники электромагнитных полей и излучений?

2 Как осуществляется нормирование действия на работающих электромагнитных полей и излучений?

3 Охарактеризовать основные методы защиты человека от электромагнитных полей и излучений.

4 В чем проявляется действие и каковы основные источники ионизирующих излучений?

5 Как осуществляется нормирование действия на работающих ионизирующего излучения?

6 Охарактеризовать основные методы защиты человека от ионизирующих излучений.

6 Безопасность технологических процессов и производственного оборудования

6.1 Требования безопасности к производственному оборудованию

Основными требованиями безопасности, предъявляемыми к конструкции машин и механизмов, являются: безопасность для здоровья и жизни человека, надежность, удобство эксплуатации. Общие требования безопасности установлены ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Их выполнение делает машины и механизмы безопасными не только при эксплуатации, но и монтаже, ремонте, транспортировании и хранении. Согласно этому стандарту **безопасность производственного оборудования** должна обеспечиваться:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции;
- применением в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- выполнением эргономических требований;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;
- применением в конструкции соответствующих материалов.

Выполнение указанных требований в полном объеме возможно только в том случае, когда их учет производится на этапе проекти-

рования. Поэтому принят соответствующий порядок постановки продукции на производство, в соответствии с которым во всех видах проектной документации должны быть предусмотрены требования безопасности. Они содержатся в специальном разделе технического задания, технических условий и стандартов на выпускаемое оборудование (ГОСТ 15.001-88).

Применение в конструкции машин **средств защиты** – одно из основных в настоящее время направлений по обеспечению безопасности оборудования. В нем используют ограждающие, предохранительные и тормозные средства защиты, средства автоматического контроля и сигнализации, а также знаки безопасности и дистанционное управление.

Общими требованиями, предъявляемыми к средствам защиты, являются:

- исключение вероятности воздействия опасных и снижение воздействия вредных производственных факторов на работающих;
- учет индивидуальных особенностей оборудования, инструмента, приспособлений или технологических процессов, для которых они предназначены;
- надежность, прочность, удобство обслуживания машин и механизмов в целом, включая средства защиты.

Рассмотрим отдельные виды средств защиты более подробно.

Оградительные устройства – класс средств защиты, препятствующий попаданию человека в опасную зону. Оградительные устройства применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах, штампах, оголенных токоведущих частей, зон интенсивных излучений (тепловых,

электромагнитных, ионизирующих), зон выделения вредностей и т.п. Ограждают также рабочие зоны, расположенные на высоте.

Конструктивные решения оградительных устройств весьма многообразны. Они зависят от вида оборудования, расположения человека в рабочей зоне, специфики опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих технологический процесс. В соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация» оградительные устройства подразделяют:

- по конструктивному исполнению – на кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны;
- по способу их изготовления – на сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые) и комбинированные;
- по способу их установки – на стационарные и передвижные.

Стационарные ограждения лишь периодически демонтируют для выполнения вспомогательных операций (смена рабочего инструмента, смазывание, проведение контрольных измерений деталей и т.п.). Их выполняют так, чтобы они пропускали обрабатываемую деталь, но препятствовали бы прохождению рук работающего в технологический проем. Такое ограждение может быть полным, когда локализуется опасная зона вместе с самой машиной, или частичным, когда изолируется только опасная зона машины. Примерами полного ограждения являются ограждения распределительных устройств электрооборудования, кожуха галтовочных барабанов, корпуса электродвигателей, насосов и т.п., частичного – ограждение фрез или рабочей зоны станка.

Возможно применение подвижного (съёмного) ограждения, которое представляет собой устройство, сблокированное с рабочими

органами механизма или машины, вследствие чего оно закрывает доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента. В остальное время доступ в указанную зону открыт. Особенно широкое распространение получили такие оградительные устройства в станкостроении.

Переносные ограждения являются временными. Их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям, а также от механических травм и ожогов. Кроме того их применяют на рабочих местах сварщиков для защиты окружающих от воздействия электрической дуги и ультрафиолетовых излучений. Выполняются они чаще всего в виде щитов высотой 1,7 м.

Конструкция и материал ограждающих устройств определяются особенностями оборудования и техпроцесса в целом. Ограждения выполняют в виде сварных и литых кожухов, решеток, сеток на жестком каркасе, а также в виде жестких сплошных щитов (щитков, экранов).

В качестве материала ограждений используют металлы, пластмассы, дерево. При необходимости наблюдения за рабочей зоной кроме сеток и решеток применяют сплошные оградительные устройства из прозрачных материалов (оргстекла, триплекса и т.д.).

Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. В соответствии с ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов» предохранительные устрой-

ства по характеру действия подразделяют на блокировочные и ограничительные.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют на механические, электронные, электрические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные и комбинированные.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону либо на время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор. Особенно большое значение этот вид средств защиты имеет на рабочих местах агрегатов и машин, не имеющих ограждений, а также там, где работа может вестись при снятом или открытом ограждении.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы. Примерами ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанные на разрушение или несрабатывание при перегрузках. К слабым звеньям таких устройств относятся: срезные штифты и шпонки, соединяющие вал маховиком, шестерней или шкивом: фрикционные муфты, не передающие движения при больших крутящих моментах; плавкие предохранители в электроустановках; разрывные мембраны в установках с повышенным давлением и т.п.

Слабые звенья делятся на две основные группы: звенья с автоматическим восстановлением кинетической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму (например, муфты трения), и звенья с восстановлением кинетической цепи путем замены слабого звена (например, штифты и шпонки). Срабатывание слабого звена приводит к останову машины на аварийных режимах, что

позволяет исключить поломки, разрушения и , следовательно, травматизм.

Большое значение имеют **тормозные средства защиты**. Стремление к повышению рабочих скоростей механического оборудования приводит к увеличению размера и веса движущихся частей , а то и другое вместе обуславливает накопление больших запасов кинетической энергии , которые при остановке машины должны поглощаться работой вредных сопротивлений . Так как вредные сопротивления в современных машинах сводятся к минимуму за счет применения подшипников трения второго рода , то сочетание всех отмеченных факторов приводит к значительному увеличению времени выбега рабочих машин , что несовместимо с основными требованиями высокой производительности труда и техники безопасности . Выбег машины - постоянное уменьшение числа оборотов машины с момента прекращения подачи энергии до момента остановки этой машины. .Поэтому быстроходное и тяжелое механическое оборудование должно снабжаться тормозными средствами . Отсутствие тормозных средств делает машину неуправляемой в течение времени выбега и, таким образом, не обеспечивает элементарных средств безопасности , а также нередко является одной из главных причин сознательного грубого нарушения правил безопасности со стороны обслуживающего персонала (например, торможение шпинделя токарного станка нажатием руки на вращающийся патрон).

Тормозные устройства подразделяют:

- по конструктивному исполнению – на колодочные, дисковые, конические и клиновые;

- по способу срабатывания – на ручные, автоматические и полуавтоматические;
- по принципу действия – на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- по назначению – на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

В большинстве видов производственного оборудования машиностроительных заводов используют колодочные и дисковые тормоза. Конические (конусные) тормоза находят применение в подъемно-транспортных машинах, клиновые – в системах рельсового транспорта.

Тормозные средства механического оборудования могут быть разнообразными по принципу действия и конструкции, но в любом исполнении они должны обеспечивать быструю остановку рабочей машины при минимальном времени выбега, быть простыми по устройству и надежными в работе. Органы управления тормозами должны располагаться так, чтобы они были доступными с любого положения оператора в пределах рабочего места и в случае необходимости дублироваться.

Рассмотрим **средства автоматического контроля и сигнализации**. Наличие КИП – одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давлений, температуры, статических и динамических нагрузок, концентраций паров и газов и других вредных факторов. Эффективность их использования повышается при объединении их с системами сигнализации, как это имеет место в газосигнализаторах, срабатывающих при определенных уровнях концентрации паров, газов, пыли в воздухе.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют:

по назначению – на информативные, предупреждающие, аварийные и ответные;

по способу срабатывания – на автоматические и полуавтоматические;

по характеру сигнала – на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;

по характеру подачи сигнала – на постоянные и пульсирующие.

Примером информативной сигнализации является окраска баллонов и цистерн со сжатыми, сжиженными и растворенными газами, а также цистерн для их перевозки, трубо- и газопроводов. Кроме того, она используется в цехах предприятий непосредственно на технологическом оборудовании.

Информативную сигнализацию используют также для согласования действий работающих, в частности крановщиков и стропальщиков. Такая же сигнализация применяется в шумных производствах, где нарушена речевая связь.

Подвидом информативной сигнализации являются всякого рода схемы, указатели, надписи. Последние могут пояснять назначение отдельных конструктивных элементов машин и механизмов либо указывать величину допустимой нагрузки (например, скорость ветра, выше которой работа грузоподъемного крана вне производственного помещения не допускается). Как правило, надписи делают непосредственно на оборудовании либо непосредственно в зоне его обслуживания на специальных табло.

Устройства предупредительной сигнализации предназначены для предупреждения о возникновении опасности. Чаще всего в них

используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень производственных факторов.

Большое применение находит предупреждающая сигнализация, опережающая включение оборудования или подачу высокого напряжения. Она предусматривается в производствах, где перед началом работы в опасной зоне могут находиться люди (участки испытания двигателей, автоматические линии сборочных цехов, литейные цеха и т.д.). К предупреждающей сигнализации относятся указатели и плакаты «Не включать – работают люди», «Не входить», «Не открывать – высокое напряжение» и т.д. Указатели желательно выполнять в виде световых табло с переменной по времени (мигающей) подсветкой.

Подвидом предупредительной сигнализации является сигнальная окраска. **Сигнальные цвета** применяют для ограждения частей оборудования и конструкций, которые являются потенциальными источниками повышенной опасности. ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ «Цвета сигнальные и знаки безопасности» предусматривает применение четырех сигнальных цветов: красного, желтого, зеленого и синего.

Красный сигнальный цвет – запрещение, непосредственная опасность, средства пожаротушения («Стоп», «Запрещение», «Явная опасность») - предусмотрен для надписей на знаках пожарной безопасности, окраски отключающих устройств оборудования (в том числе аварийных), внутренних поверхностей крышек (дверок) шкафов с открытыми токоведущими элементами электрооборудования, обозначения пожарной техники, окраски сигнальных ламп, извещающих о нарушении технологического процесса или условий без-

опасности, окантовки щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей.

Красным сигнальным цветом следует окрашивать только движущийся потенциально опасный объект или смежную с ним неподвижную поверхность, закрываемую кожухом.

Желтый сигнальный цвет - предупреждение, возможная опасность («Внимание», «Предупреждение о возможной опасности») - предусмотрен для окраски частей производственного помещения, которые представляют собой потенциальную опасность: элементов производственного оборудования, открытых движущихся частей оборудования (подвижных столов-станков, схватов промышленных роботов и т.д.), кромок оградительных устройств, не полностью закрывающихся движущиеся элементы оборудования (ограждения шлифовальных кругов, фрез и т.д.); внутренних поверхностей открывающихся кожухов, корпусов и дверец ниш, ограждающих движущие элементы механизмов и машин; элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования (кабины кранов, крюковые подвески, бамперы погрузчиков и т.д.).

Предупреждающую окраску вышеперечисленных объектов и элементов (за исключением маховиков, подвижных столов станков и др.) следует выполнять в виде чередующихся наклонных под углом $45 - 60^\circ$ полос шириной от 30 до 200 мм желтого и черного цветов при соотношении ширины полос 1:1.

Зеленый сигнальный цвет безопасность, предписание («Безопасность», «Разрешение», «Путь свободен») - применяется для световых табло или эвакуационных выходов, сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования.

Синий сигнальный цвет - указание, информация («Информация») - предусмотрен для указательных знаков.

Выбор сигнальных цветов научно обоснован. Красный цвет, по данным физиологов, увеличивающий кровяное давление и возбуждающе действующий на людей, вызывает условный рефлекс, направленный на самозащиту, и поэтому используется для предупреждения о непосредственной опасности, требующей немедленной реакции. Желтый цвет, стимулирующий зрение, но не оказывающий столь интенсивного воздействия, как красный, способствует сосредоточению внимания и поэтому используется для обозначения возможной опасности. Зеленый цвет, по данным физиологов, понижающий кровяное давление, действует успокаивающе, традиционно ассоциируется с отсутствием опасности, используется как сигнал безопасности. Установлено также, что скорость возникновения зрительных ощущений от раздражителей разного цветового тона неодинакова. Сила ощущения возрастает по мере перехода от зеленого к красному. Это также соответствует принятым значениям цветов безопасности.

В качестве вспомогательных цветов приняты белый и черный цвета – для усиления контраста основных сигнальных цветов. Белый цвет применяется также для обозначения габаритов внутрицевых проездов, пешеходных дорожек и рабочих мест.

Установлены четыре группы **знаков безопасности** по ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ «Цвета сигнальные и знаки безопасности»:

запрещающие – красный круг с белым полем внутри и символическим изображением черного цвета, перечеркнутым красной полосой;

предупреждающие – желтый равносторонний треугольник вершиной кверху с символическим изображением черного цвета;

предписывающие – зеленый квадрат с символическим изображением черного цвета на белом фоне или поясняющей надписью;

указательные – синий прямоугольник с символическим изображением или надписью черного цвета внутри белого квадрата; для знаков пожарной безопасности символ или надпись предусмотрено выполнять красным цветом внутри белого квадрата.

Следует отметить, что ГОСТ построен на взаимосвязи формы знака безопасности и его цвета: круг – красный цвет, треугольник – желтый, квадрат – зеленый, прямоугольник – синий.

Устройства для дистанционного управления оборудованием позволяют осуществлять контроль и регулирование его работы с участков, достаточно удаленных от опасной зоны, и тем самым решать проблему безопасности труда.

Устройства дистанционного управления подразделяют:

-по конструктивному исполнению – на стационарные и передвижные;

-по принципу действия – на механические, электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Безопасность работы на механическом оборудовании в большой степени зависит от конструкции, расположения и безотказности действия органов управления. Наиболее удобным и безопасным является кнопочное управление.. Кнопки пусковых устройств делают черного цвета и с целью предотвращения произвольного включения устанавливаются так, чтобы они были утоплены в корпус коробки на 3-5 мм. Кнопки останова должны быть красного цвета,

иметь надпись «стоп» и выступать над поверхностью корпуса коробки или панели на 3 мм .

Рычаги и кнопки управления должны находиться в пределах рабочего места и устраиваться таким образом, чтобы оператор , обслуживающий рабочую машину, мог в любой момент легко и безошибочно пользоваться ими . Поэтому все органы управления надлежит снабжать надежными фиксаторами различных положений и четкими надписями, обозначающими их назначение и положения. В крупных машинах и уникальных станках необходимо предусматривать возможность их остановки из различных точек обслуживания.

Таким образом, мы рассмотрели все средства защиты, применяемые в конструкциях оборудования, которые обеспечивают безопасную, удобную и надежную эксплуатацию оборудования.

Очень важным условием обеспечения безопасности оборудования является учет требований безопасности в технической документации по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению. Требования охраны труда должны выполняться на всех этапах создания новых образцов оборудования, начиная с разработки технического задания на проектирование.

6.2 Требования безопасности к производственным процессам

Общие требования безопасности к производственным процессам установлены ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Согласно ГОСТу **требуется:**

-устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное действие;

-замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;

-комплексная механизация и автоматизация производства, применение дистанционного управления техпроцессами и операциями при наличии опасных и вредных производственных факторов,

-герметизация оборудования;

-применение средств коллективной защиты работающих;

-организация труда и отдыха с целью профилактики монотонности, гиподинамии, а также ограничение тяжести труда;

-своевременное получение информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях;

-внедрение систем контроля и управления техпроцессами, обеспечивающих защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;

-своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов;

-обеспечение пожарной и взрывной безопасности;

-переход от сложных многостадийных процессов к более простым одностадийным, от периодических – к непрерывным;

- поддержание нормальных санитарно-гигиенических условий;
- рациональная организация рабочих мест с учетом эргономических требований, рациональность планировки цехов и участков;
- выполнение требований безопасности к производственным помещениям, хранению, транспортированию, складированию исходных материалов, заготовок и готовой продукции, а также к удалению отходов и их утилизации;
- выполнение требований безопасности к производственному персоналу.

Автоматизация и механизация производственных процессов – важнейшее средство создания безопасных условий труда. Однако внедрение автоматических линий и роботизированных комплексов приводит к появлению опасностей иного характера.

Мероприятия по исключению контакта работающих с исходным материалом, заготовками и готовой продукцией в неавтоматизированном производстве мы подробно рассмотрели в разделе «Безопасность производственного оборудования».

Примером замены техпроцессов, сопровождающихся возникновением опасных и вредных производственных факторов процессами, где они отсутствуют или выражены значительно меньше, является применение сварки вместо клепки (с целью снижения шума и вибрации), рентгеноскопии сварных соединений люминесцентным, электромагнитным или ультразвуковым контролем, раскрой древесины с помощью пил лазерной обработки (с целью уменьшения травмоопасности и шума) и т.п.

При существующих технологических процессах нормализация условий труда может быть достигнута за счет применения безвредных для человека материалов и веществ. Так, для профилактики

кожных заболеваний при работе на металлорежущих станках в качестве СОЖ можно применять вещества, только рекомендуемые органами санитарного надзора (например, УКРИНОЛ, АКВОЛ). То же относится к растворителям, применяемым при проведении сварочных работ. Для обезжиривания деталей вместо токсичных органических растворителей применяют щелочные растворы, поверхностно-активные и синтетические моющие вещества.

Размещение производственного оборудования, исходных материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства в производственных помещениях и на рабочих местах не должно представлять опасность для персонала. Размещение производственного оборудования и коммуникаций, которые являются источниками опасных и вредных производственных факторов, расстояния между единицами оборудования, а также между оборудованием и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должны соответствовать действующим нормам технологического проектирования, строительным нормам и правилам. Размещение оборудования должно быть таким, чтобы расстояния между станками или группами станков были достаточными для свободного прохода работающих, занятых их обслуживанием и ремонтом.

Оборудование в цехе размещается таким образом, чтобы обеспечить достаточное количество проходов для людей и проездов для транспорта, а также безопасное сообщение между любыми точками цеха. Ширина проходов и проездов назначается в зависимости от расположения оборудования, характера движения, способа транспортировки и размера деталей, но при всех условиях должна быть не менее 1000 мм. Самые широкие проезды (3500 мм) делаются для перевозки грузов автомашинами. Для обеспечения хорошей ви-

димости границ проходов и проездов рекомендуется их отмечать белой краской или металлическими кнопками. Категорически запрещается их загромождать. Они должны содержаться в чистоте, порядке, систематически убираться.

При организации рабочих мест руководствуются следующими принципами, изложенными в ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»:

- конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов (органов управления, СОИ, кресел, вспомогательного оборудования и т.п.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека;

- конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов должны соответствовать характеру работы.

Конструкция рабочего места должна обеспечивать удобную рабочую позу человека, что достигается регулированием положения кресла, высоты и угла наклона подставки для ног при ее применении или высоты и размеров рабочей поверхности (конкретные рекомендации даны в ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»).

Конструкция рабочего места должна обеспечивать выполнение трудовых операций в зонах моторного поля (оптимальной, легкой досягаемости) в зависимости от требуемой точности и частоты действий. Определение зоны моторного поля производится согласно требованиям ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ

12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Организация рабочего места должна обеспечивать устойчивое положение и свободу движений работающего, безопасность выполнения трудовых функций, должна исключать или допускать в редких случаях кратковременную работу, вызывающую повышенную утомляемость.

6.3 Вопросы для самоконтроля

1 Какие основные требования безопасности предъявляются к производственному оборудованию?

2 Охарактеризовать средства защиты, применяемые в конструкции производственного оборудования.

3 Какие основные требования безопасности предъявляются к технологическим процессам?

7 Электробезопасность

7.1 Действие электрического тока на человека

Электрический ток является одним из наиболее распространенных факторов, приводящих к тяжелым травмам со смертельным исходом. В то же время большое число легких, не требующих врачебной помощи травм от действия электрического тока усыпляет бдительность и создает иллюзию его "безопасности".

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое и биологическое **действия**. Термическое действие заключается в нагреве тканей при протекании по ним тока; электролитическое действие - в разложении крови и других жидкостей организма; биологическое - в возбуждении живых тканей организма, сопровождающемся судорогами, спазмами мышц, остановкой дыхания и сердечной деятельности.

В результате воздействия электрического тока могут возникать местные электротравмы (ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, ослепление светом электрической дуги) или произойти электрический удар, который характеризуется общим поражением организма и может сопровождаться судорогами, потерей сознания, остановкой дыхания и/или сердечной деятельности, клинической смертью.

На основании анализа несчастных случаев и длительного опыта работы электроустановок выделяют следующие факторы, от которых зависит в основном исход поражения электрическим током:

1) **Величина тока** - главный поражающий фактор. При этом выделяют следующие пороговые значения:

- порог ощущения тока - наименьший ощутимый ток (0,5-1,5 мА переменного тока и 5-7 мА постоянного тока);

- порог не отпускающего тока - наименьший ток, при котором человек уже не может самостоятельно освободиться от захваченных электропроводов действием тех мышц, через которые проходит ток (10-15 мА переменного тока и 50-80 мА постоянного тока);

- смертельный ток - 100 мА переменного тока и 300 мА постоянного.

Опасность поражения тем больше, чем больший ток протекает через человека, но эта зависимость неоднозначна, т.к. опасность поражения зависит еще от ряда других факторов.

2) **Род и частота тока** - переменный ток частотой 50-60 Гц более опасен, чем постоянный. Однако при напряжениях 300 В и выше опасность постоянного тока возрастает. Постоянный ток большой величины при разрыве цепи дает очень резкие удары, вызывающие судороги мышц рук; при малых значениях - ощущение нагрева тела.

Опасность действия переменного тока снижается с ростом частоты и становится практически незаметной при частоте 1000 - 2000 Гц, полностью исчезает при частоте 450-500 кГц (остается опасность внутренних ожогов).

3) **Сопротивление тела человека** - переменная величина, имеющая нелинейную зависимость от множества факторов. Основным сопротивлением в цепи тока через тело человека является верхний роговой слой кожи (эпидермис), толщина которого составляет 0,05-0,2 мм. При сухой неповрежденной и чистой коже сопротивление тела человека колеблется в пределах от 3000 до

100000 Ом, а иногда и более. При снятом роговом слое кожи сопротивление не превышает 500-700 и даже 300-500 Ом.

К факторам, влияющим на сопротивление тела человека, относятся: состояние кожи (сухая или влажная, чистая или загрязненная, целая или поврежденная), плотность и площадь контакта (чем больше плотность и площадь, тем сопротивление меньше), величина тока, протекающего через человека, и приложенное напряжение, время воздействия, путь прохождения тока через тело человека, индивидуальные особенности человека (пол, возраст, психофизиологическое состояние и др.).

В расчетах принимают величину сопротивления человека равной 1000 Ом.

4) **Величина приложенного напряжения** - от нее зависит пробой кожи человека. Пробой кожи возможен при напряжениях более 50 В, а при напряжениях более 200 В пробой неминуем.

Предельно допустимое напряжение определяется следующим образом:

$$U_{\text{пр.доп}} \leq 50/t, \text{ В} \quad - \text{ при } t \leq 1 \text{ с};$$

$$U_{\text{пр.доп}} \leq 36 \text{ В} \quad - \text{ при } t > 1 \text{ с}.$$

5) **Путь тока** в теле человека - наиболее опасно прохождение тока через дыхательные мышцы и сердце. Различают 15 таких характерных путей: рука - рука, левая рука - ноги, правая рука - ноги, нога - нога и др.

6) **Продолжительность воздействия** – чем дольше воздействие, тем опаснее. Средства защиты должны срабатывать за 0.2 с.

7) Индивидуальные **особенности человека** – отягощают поражение заболевания сердечно-сосудистой системы, центральной

нервной системы, туберкулез и др. Наличие алкогольного опьянения также отрицательно влияет на исход поражения в связи со снижением внимания и реакции человека.

8) **Факторы внешней среды.** Вероятность поражения электротоком зависит от климатических условий в помещении (температура, влажность, атмосферное давление, содержание кислорода и углекислого газа), а также наличия токопроводящей пыли, металлических конструкций, соединенных с землей, токопроводящего пола и других факторов.

7.2 Анализ случаев включения человека в электрическую сеть

Если человек касается одновременно двух точек, между которыми существует напряжение, и при этом образуется замкнутая цепь, через тело человека проходит ток. Значение этого тока зависит от схемы прикосновения и от параметров электрической сети. В зависимости от режима нейтрали генератора электрического тока (трансформатора) все электрические сети делят на сети с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

Для оценки опасности поражения в сетях 3-фазного тока необходимо определить путь тока через человека (схему замыкания), величину тока, протекающего через человека, и сравнить ее с допустимой величиной.

Рассмотрим схемы включения человека в электрическую сеть.

Однофазное прикосновение к сети с изолированной нейтралью при исправной изоляции. В этом случае величина тока, проте-

кающего через человека, $I_{\text{ч}}$ зависит от величины фазного напряжения $U_{\text{ф}}$, сопротивления изоляции $R_{\text{из}}$ и сопротивления тела человека $R_{\text{ч}}$:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{из}}/3).$$

Если сопротивление изоляции велико (более 500 кОм), то такое прикосновение будет безопасно. При низком качестве изоляции сеть становится опасной, т.к. в этом случае величина тока, протекающего через человека, ограничивается только сопротивлением тела человека.

Однофазное прикосновение к сети с заземленной нейтралью опасно при любом сопротивлении изоляции, поскольку величина тока, протекающего через человека, в этом случае ограничивается только сопротивлением тела человека:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}}.$$

Двухфазное прикосновение - в этом случае тяжесть поражения не зависит от режима нейтрали и качества изоляции, поскольку величина тока, протекающего через человека, также ограничивается только сопротивлением тела, но этот случай более опасен, чем однофазное прикосновение, т.к. напряжение, приложенное к человеку, оказывается в $\sqrt{3}$ раз больше, чем при однофазном прикосновении:

$$I_{\text{ч}} = U / R_{\text{ч}}.$$

В случае пробоя фазы на корпус оборудования, которое в нормальных условиях не должно находиться под напряжением, человек, работающий с этим оборудованием, оказывается в режиме однофазного прикосновения.

Таким образом, наиболее безопасной является сеть с изолированной нейтралью при высоком качестве изоляции. Однако при уве-

личении протяженности сетей увеличивается паразитная емкость проводов относительно земли, что приводит к увеличению опасности поражения человека емкостной составляющей тока. Поэтому сети с изолированной нейтралью применяют только в тех случаях, когда протяженность сетей невелика и есть возможность постоянного контроля качества изоляции. В остальных случаях при напряжении сети до 1000 В применяют, как правило, сети с глухозаземленной нейтралью. Достоинством этих сетей является сохранение условий безопасности при ухудшении состояния изоляции и в аварийном режиме (пробое фазы на корпус). При напряжении выше 1000 В по технологическим требованиям сети с напряжением до 35 кВ включительно имеют изолированную нейтраль, а выше – глухозаземленную. Эти сети для человека одинаково опасны.

При растекании тока в земле на ее поверхности появляется градиент потенциала, величина которого зависит от тока замыкания, удельного сопротивления грунта и конструкции заземлителя. Зона, в пределах которой существует градиент потенциала на поверхности земли, носит название **зоны растекания**. Обычно радиус зоны растекания не превышает 20 м.

Разность потенциалов между двумя точками на поверхности земли на расстоянии шага (0,8 м) называется **напряжением шага** или **шаговым напряжением**. Разность потенциалов между двумя точками, которых одновременно касается человек, носит название **напряжение прикосновения**.

По мере удаления от заземлителя шаговое напряжение уменьшается и на расстоянии свыше 20 м может считаться равным нулю. Напряжение прикосновения, напротив, возрастает по мере удале-

ния от заземлителя, т.к. убывает потенциал поверхности земли, а потенциал корпуса оборудования остается постоянным.

7.3 Меры профилактики электротравматизма

Основные **причины** несчастных случаев от воздействия электрического тока следующие:

-случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

-появление напряжения на металлических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и др.) в результате повреждения изоляции и других причин;

-появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;

-возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

Меры профилактики электротравматизма можно разделить на 2 группы: организационные и технические.

К **организационным мерам** относятся: нормативные документы, деление сетей и помещений по степени опасности поражения электрическим током, деление персонала на квалификационные группы, обучение, инструктаж, соответствующая организация работ, медосмотры и т.п.

Основные нормативные документы по электробезопасности – «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ), «Прави-

ла техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТБ).

Согласно ПУЭ электрические сети делятся на: сети до 1000 В и выше 1000 В.

В соответствии с ПУЭ все помещения делят на 3 класса:

-без повышенной опасности (нет ни одного признака повышенной опасности), например, нежаркие, сухие, непыльные, с нетокопроводящим полом, не загроможденные оборудованием;

-с повышенной опасностью (есть один признак повышенной опасности);

-особо опасные помещения (имеют 2 и более признаков повышенной опасности).

Признаками повышенной опасности являются: наличие токопроводящих полов, наличие токопроводящей пыли, сырые помещения (влажность более 70 %), жаркие помещения (температура более 35°С), возможность одновременного прикосновения человека к частям электроустановки и элементам, имеющим контакт с землей.

Электротехнический персонал подразделяется на 5 квалификационных групп по технике безопасности.

Рассмотрим **технические меры** профилактики электротравматизма. Согласно ПУЭ безопасность электроустановок достигается следующими методами:

- применением надлежащей изоляции,
- соблюдением соответствующих расстояний,
- закрытием ограждениями,
- блокировкой отключения,
- заземлением (занулением) корпусов,
- выравниванием потенциала,

- применением разделительных трансформаторов,
- применением малых напряжений,
- использованием защитных изолирующих средств (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм).

Рассмотрим основные меры более подробно.

Надлежащая **изоляция** обеспечивается периодической проверкой сопротивления изоляции в установленные сроки, например, для помещений без повышенной опасности - не реже 1 раза в 2 года, для опасных помещений - 1 раз в полгода.

В некоторых случаях применяется двойная изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Рабочая - для изоляции токоведущих частей, дополнительная - для защиты в случае повреждения рабочей изоляции. Широко применяют при создании ручных электрических машин. Пример наиболее простого осуществления - изготовление корпуса из изолирующего материала (электробытовые приборы).

Под **защитным заземлением** понимают преднамеренное соединение нормально нетоковедущих частей электрооборудования с землей или ее эквивалентом. Принцип действия основан на снижении до безопасной величины напряжения прикосновения, возникающего при повреждении изоляции токоведущих частей электрооборудования. В случае пробоя фазы на корпус ток, проходящий через человека, зависит от сопротивления заземлителя. Это сопротивление выбирают так, чтобы ток, протекающий через человека, был меньше предельно допустимого при аварийных ситуациях. В общем случае сопротивление заземлителя не должно превышать 4 Ом. Защитное заземление применяют в трехфазных трехпровод-

ных сетях с изолированной нейтралью при напряжениях до 1000 В и с любым режимом нейтрали при напряжении свыше 1000 В.

Под **защитным занулением** принято понимать искусственное соединение нормально нетоковедущих частей электрооборудования с заземленной нейтралью сети. Проводник, с помощью которого выполнено это соединение, называется нулевым защитным проводником. В отличие от рабочего нулевого провода, по которому протекают токи уравнивания фаз, в цепи защитного нулевого провода ток протекает только при появлении токов утечки на подключенные к нему части оборудования. В результате при пробое фазы на корпус возникает режим короткого замыкания и поврежденный участок сети отключается с помощью плавкого предохранителя или автомата защиты. Однако до момента аварийного отключения на корпусе оборудования может существовать высокое напряжение, опасное для жизни. Поэтому защита в таких сетях должна срабатывать быстро. Зануление применяют в трехфазных четырехпроводных сетях с заземленной нейтралью при напряжениях сети до 1000 В. Недостатком является то, что потенциал на корпусе не снижается до безопасной величины, кроме того, при пробое на один из корпусов опасное напряжение переходит на все корпуса оборудования, включенные в эту сеть.

При занулении оборудования помимо первичного заземлителя нейтрали применяют вторичное заземление защитного нулевого провода с целью обеспечения безопасности при случайном обрыве нейтрали. Цель вторичного (повторного) заземления нейтрали - исключить возможность появления фазного напряжения на корпусах электрооборудования при замыкании фазы на землю.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных под-
лежит заземлению (занулению) все оборудование при напряжении
питания свыше 42 В переменного тока и 110 В постоянного. В по-
мещениях без повышенной опасности - все оборудование при
напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного
тока. Во взрывоопасных помещениях заземляется (зануляется) все
оборудование независимо от напряжения питания.

Во многих случаях быстроедействие обычной защиты оказыва-
ется недостаточным (например, во взрывоопасных помещениях)
или порог срабатывания защиты слишком высок. В таких случаях
применяется **защитное отключение** - быстроедействующая защита,
срабатывающая при появлении опасности поражения электриче-
ским током. В зависимости от вида исполнения защита может сра-
батывать при появлении на корпусе электрооборудования напряже-
ния, превышающего порог срабатывания реле, или отключать по-
врежденный участок сети, если ток утечки изоляции превышает до-
пустимую величину.

При заземлении электроустановок свыше 100 кВ допускается
значение потенциала заземлителя до 10 кВ. При этом шаговое на-
пряжение и напряжение прикосновения могут достигать опасных
для человека величин. Поэтому при заземлении установок свыше
1000 В и токами замыкания более 500 А разрешается применять то-
лько контурные заземляющие устройства, т.е. такие, которые рас-
полагаются на одной площадке с заземляемым оборудованием. Для
снижения шагового напряжения и напряжения прикосновения осу-
ществляют **выравнивание потенциала** по поверхности площадки
за счет более частого расположения заземлителей и соединитель-
ных полос.

Разделительные трансформаторы используются в протяженных сетях с изолированной нейтралью для восстановления ее защитного свойства.

При работе с ручным переносным электроинструментом, переносными системами местного освещения человек имеет длительный контакт с корпусами этого оборудования. В результате повышается опасность поражения электрическим током в случае повреждения изоляции и появления напряжения на корпусе. Поэтому необходимо питать эти установки **напряжением не выше 42 В**. В особо опасных помещениях при особо неблагоприятных условиях требуется еще более низкое напряжение – 12 В.

К техническим мерам относится применение **защитных средств**: различных ограждений постоянного и временного характера и изолирующих средств. Изолирующие защитные средства делятся на основные и дополнительные. Основные средства защищают человека от рабочего напряжения. В сетях до 1000 В к ним относятся диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, токоизмерительные клещи, измерители напряжения, изолирующие штанги и т.п. Дополнительные изолирующие средства защищают от шаговых напряжений и напряжения прикосновения. К ним относятся коврики, подставки, маты, калоши, боты. При наличии опасности используют предупредительные плакаты.

7.4 Вопросы для самоконтроля

1 Охарактеризовать факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током.

2 Дать сравнительную характеристику по степени опасности электрических сетей с изолированной нейтралью и глухозаземленной.

3 Что такое шаговое напряжение и напряжение прикосновения?

4 Охарактеризовать организационные и технические мероприятия профилактики электротравматизма.

8 Пожарная безопасность

8.1 Понятие о процессе горения.

Пожарная характеристика веществ и материалов

Основные причины пожаров на предприятиях связаны с нарушением технологического процесса (33%), короткими замыканиями в электрооборудовании, перегрузкой проводов, большими переходными сопротивлениями в местах контакта проводников (16%), плохой подготовкой оборудования к ремонту (13%), самовозгоранием неправильно складированных материалов (10%). В бытовых условиях основной причиной пожара является неосторожное обращение с огнем.

Основы противопожарной защиты предприятий сформулированы в стандартах ГОСТ 12.1.004-85 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» и ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования».

Пожары характеризуются: высокой температурой (1200-1400°С), наличием токсичных веществ дыма, вдыханием горячего воздуха (60° С - смертельно). Наибольшую опасность при пожаре, чаще все-

го, представляет не столько высокая температура в очаге возгорания, сколько токсичные продукты горения, распространяющиеся по всему зданию и вызывающие отравления людей, находящихся далеко от зоны горения.

Горение - химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением теплоты и света. Для возникновения горения необходимо 3 условия: наличие горючего, окислителя и источника зажигания. В качестве окислителя чаще всего выступает кислород воздуха, но это могут быть и хлор, фтор, бертолетова соль и т.п. Источниками зажигания являются открытое пламя, нагретые твердые тела, электрические разряды, ударные волны, адиабатическое сжатие газов, следы самовоспламеняющихся веществ, фрикционные искры.

В зависимости от свойств горючей смеси горение бывает гомогенным и гетерогенным (горение газов, горение твердых и жидких веществ). Горение дифференцируется также по скорости распространения пламени и может быть дефлаграционным (до 10 м/с), взрывным (до 100 м/с) и детонационным (порядка тысячи метров в секунду).

Процесс горения может протекать следующим образом:

-вспышка - под действием источника зажигания происходит быстрое сгорание смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов, температура смеси и скорость образования горючих газов недостаточны для поддержания процесса горения;

-воспламенение - под действием источника зажигания возникает устойчивое горение смеси;

-самовозгорание - резкое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения смеси без источника зажигания;

-взрыв - процесс быстрого горения, сопровождающийся выделением энергии сжатых газов, способных производить механическую работу.

Причиной самовозгорания может быть высокая температура горючей смеси, обусловленная внешними источниками нагрева, действием микроорганизмов, химическими реакциями, протекающими в смеси.

При оценке пожарной опасности веществ и материалов необходимо учитывать температуру вспышки, воспламенения, самовозгорания и концентрационные пределы горения. Чем ниже температура вспышки и чем меньше разность температур вспышки, воспламенения и самовозгорания, а также чем шире концентрационные пределы горения, тем более пожароопасным является вещество.

Под температурой вспышки понимается самая низкая температура, при которой над поверхностью горючего вещества образуются пары и газы, способные вспыхивать на воздухе при наличии источника зажигания, но скорость их образования недостаточна для поддержания процесса горения.

При нагреве вещества до температуры воспламенения скорость образования горючих газов достаточна для поддержания процесса горения.

Для газов и паров устанавливаются нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ - минимальная концентрация, при которой возможно воспламенение) и верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ - максимальная концентрация, при которой еще возможно воспламенение). Способностью гореть кроме газов обладают пыли (аэрозоли). Минимальная концентрация пыли, при которой возможно ее воспламенение, называется нижним кон-

центрационный пределом (НКП) воспламенения пыли (верхняя граница обычно не определяется, т.к. такую концентрацию при нормальных условиях создать невозможно). Концентрационные пределы воспламенения для газов и паров измеряются в процентах, для пылей - в граммах на кубический метр.

В зависимости от температуры вспышки жидкости делят на 2 класса: легковоспламеняющиеся (ЛВЖ), с температурой вспышки до 61°C (бензин, спирт, ацетон, серный эфир, нитроэмали и др.); горючие жидкости (ГЖ), с температурой вспышки выше 61°C (мазут, машинные масла, формалин и др.).

В соответствии с ОНТП 24-86 (Общесоюзные нормы технологического проектирования) в зависимости от характеристики обращающихся в помещении веществ и их количества помещения (производства) подразделяются по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности на следующие категории:

- **категория А** (взрывопожароопасные), производства, связанные с применением горючих газов с НКП воспламенения до 10%, ЛВЖ с температурой вспышки до 28°C при условии, что могут образовываться смеси в объеме свыше 5 % объема помещения или применяются вещества, способные гореть или взрываться при взаимодействии с водой, воздухом или друг с другом;

- **категория Б** (взрывопожароопасные), производства, связанные с применением горючих газов с НКП воспламенения выше 10%, ЛВЖ с температурой вспышки 28...61°C или нагретых до температуры вспышки и выше, горючих пылей или волокон с НКП воспламенения до 65 г/м³ при условии, что указанные смеси могут занимать свыше 5% объема помещения;

- **категория В** (пожароопасные), производства, связанные с применением ГЖ с температурой вспышки свыше 61°C , горючих пылей или волокон с НКП воспламенения выше 65 г/м^3 или твердых сгораемых веществ, способных только гореть, но не взрываться при контакте с водой, воздухом или друг с другом;

- **категория Г**, производства, использующие негорючие вещества в горячем или расплавленном виде, а также горючие твердые или жидкие вещества и газы, используемые в качестве топлива;

- **категория Д**, производства, использующие негорючие вещества в холодном состоянии.

В зависимости от категории производства предъявляются соответствующие требования к огнестойкости зданий и сооружений, к размещению их на территории предприятия, наличию средств пожаротушения и т.п., а также требования к устройству электрооборудования.

Огнестойкость конструкций здания определяется пределом огнестойкости, т.е. временем (часы) от начала испытаний конструкции по стандартному температурному режиму до возникновения одного из следующих признаков: образование трещин или отверстий, сквозь которые проникают продукты горения или пламя; повышенная температура на необогреваемой поверхности конструкции, в среднем выше 140°C ; потеря несущей способности; переход горения на смежные конструкции или в смежные помещения; разрушение узлов крепления конструкции.

Строительные материалы по **степени огнестойкости** делятся:

- горючие материалы- продолжают гореть после удаления источника зажигания (необработанная древесина, пенополистирол, битум);

- трудногорючие - не способны распространять пламя и горят только в месте воздействия источника зажигания (оштукатуренная древесина, поливинилхлорид);

- негорючие материалы (кирпич, бетон, керамика и т.п.).

В зависимости от огнестойкости конструкции здания подразделяются на 8 степеней огнестойкости (1, 11, 111, 111а, 111б, 1У, 1Уа, У), высшей из которых является 1, а низшей - У.

Для повышения степени огнестойкости зданий применяют пропитку конструкций антипиринами, защитные краски, оштукатуривание деревянных конструкций. Для повышения пожарной безопасности применяют зонирование территории предприятий, противопожарные разрывы между зданиями и сооружениями, противопожарные преграды. В зданиях должны быть предусмотрены эвакуационные пути для удаления людей из зоны пожара, предусмотрено удаление дыма из помещений при пожаре.

8.2 Меры пожарной профилактики

Согласно ГОСТ пожарная безопасность должна обеспечиваться: системой предотвращения пожаров (СПП), системой противопожарной защиты (СПЗ), организационно-техническими мероприятиями (ОТМ).

Пожар можно представить следующей схемой:

горючее вещество + кислород + источник зажигания = горение.

Система предотвращения пожаров, исходя из схемы, направлена на снижение вероятности появления составляющих процесса

горения: горючей среды (горючее вещество + кислород) и источника зажигания.

В систему предотвращения пожаров входит:

-максимальное использование негорючих материалов, ограничение массы горючих материалов, их изоляция, поддержание безопасной концентрации горючих газов и паров (предельно допустимая взрывоопасная концентрация должна не превышать 10% НКПВ;

-исключение источника зажигания;

-применение машин (агрегатов) без искрения, исключение электрооборудования во взрывоопасном исполнении, устранение самовозгорающих веществ, поддержание температуры поверхности машин и материалов ниже предельно допустимой (меньше 80% температуры воспламенения), выполнение установленных правил проведения огневых работ и т.д.;

-правильное устройство и эксплуатация вентиляционных установок и систем кондиционирования воздуха.

Система противопожарной защиты включает:

- 1) методы и средства тушения пожаров;
- 2) противопожарные преграды;
- 3) системы автоматического извещения и тушения пожаров;
- 4) применение средств индивидуальной и коллективной защиты (противодымной - дымовые люки, взрывные люки);
- 5) эвакуация людей.

Методы тушения пожаров:

- снижение температуры горящего вещества;

- снижение концентрации окислителя (изоляция очага горения от воздуха или снижение процентного содержания кислорода путем разбавления воздуха негорючими газами);

- химическое торможение реакции горения (ингибирование);

- механический сбив пламени (отрыв пламени в результате воздействия на него сильной струи газа или воды).

Средства тушения пожаров: вода, пены (механические и химические), водные эмульсии различных химикатов, водяной пар, инертные гасящие вещества (углекислый газ, азот, дымовые газы), хладоны и порошки.

Чаще всего применяется вода. При этом используется ее охлаждающее действие, механическое воздействие на пламя, разбавление воздуха и газов паром (объем пара в 1750 раз больше объема испарившейся воды). Водой нельзя тушить электроустановки под напряжением и легкие нефтепродукты, т.к. они плавают на ее поверхности.

Пену применяют для тушения твердых и жидких веществ, не взаимодействующих с водой. В зависимости от отношения объема пены к объему образовавшей ее жидкости пена бывает низкократной (до 10), средней кратности (до 200) и высокой кратности.

Инертные гасящие вещества применяют для тушения веществ, взаимодействующих с водой, ценных предметов и электроустановок под напряжением. Углекислый газ не применяют для тушения щелочных металлов, кислородсодержащих веществ, а также тлеющих материалов. Для тушения этих веществ используются азот и аргон. Применение галлоидированных углеводородов (хладонов) основано на эффекте торможения скорости химической реакции в зоне горе-

ния. Наибольшее распространение получили хладон 114В2, бромистый метилен, хладон 13В1, бромистый этил.

Порошковые составы являются единственным средством тушения щелочных металлов и металлоорганических соединений. Для этих целей применяются порошки на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия, фосфорно-аммонийные соли, хлориды натрия и калия.

В качестве первичного средства тушения пожаров применяются огнетушители, которые в зависимости от используемых веществ, делятся на углекислотные, химические пенные, воздушно-пенные, хладоновые, порошковые и комбинированные. К первичным средствам относятся также внутренние пожарные краны, ручные насосы, баки с водой, кошма, ящики с песком, пожарный инструмент и инвентарь.

Для тушения пожаров водой применяют специальные пожарные водопроводы высокого и низкого давления. Из водопроводов высокого давления вода используется непосредственно для тушения пожара, из водопровода низкого давления - через насосы пожарных машин. Выбор типа водопровода, требуемый расход воды, порядок размещения пожарных гидрантов и места установки кранов в зданиях зависят от характера производства, защищаемой территории и степени огнестойкости зданий.

Противопожарные преграды создают условия для огнепреграждения, т.е. такие условия, при которых пламя распространяется через узкие каналы. Преграды бывают общие и местные. Общие противопожарные преграды, разделяющие здание по вертикали или горизонтали на отдельные отсеки, представляют собой противопожарные стены или перекрытия, выполняемые из несгораемых мате-

риалов (кирпича, железобетона), с минимальным пределом огнестойкости 2,5 ч. Местные преграды предназначены для ограничения распространения пламени в начальной стадии развития пожара. К ним относятся бортики, пороги, кюветы, обваловки.

Рассмотрим **системы автоматического извещения и тушения** пожаров. Тушение пожаров водой может осуществляться с помощью специальных автоматических установок водяного пожаротушения - спринклерных и дренчерных. Автоматические пожарные извещатели, в зависимости от того, на какой признак пожара они реагируют, делятся на тепловые, дымовые, световые, ультразвуковые, ультрафиолетовые. По характеру реакции на появление очага пожара их делят на максимальные и дифференциальные. Максимальные срабатывают при достижении заранее установленного максимального значения контролируемого параметра, например температуры в помещении, а дифференциальные - на скорость изменения этого параметра. В качестве тепловых извещателей могут применяться биметаллические пластины или плавкие вставки на заданную температуру, на изменение линейных размеров и т.п. В качестве дымовых - оптические, основанные на регистрации рассеяния света частицами дыма, или ионизационные, срабатывающие при изменении тока ионизационной камеры, вызванном поглощением ионов частицами дыма. Ультразвуковые извещатели могут использоваться одновременно и для охранной сигнализации. Они имеют источник и приемник ультразвуковых колебаний и позволяют обнаруживать открытое пламя, как и ультрафиолетовые.

При проектировании здания должна быть предусмотрена возможность быстрой **эвакуации людей** из здания. Время эвакуации определяется расстоянием от наиболее удаленного рабочего места

до выхода наружу. Максимальное расстояние нормируется в зависимости от категории производства, степени огнестойкости здания и не должна превышать 100 м. Нормируемое время эвакуации при пожарах приведено в табл.8.1.

Организационно-технические мероприятия включают:

1) Создание нормативной базы (документы) - Закон Украины о пожарной безопасности, ГОСТы, инструкции, положения.

2) Разделение производств по пожарной опасности и зон на взрыво- и пожароопасные.

3) Организация противопожарной охраны.

4) Обучение, инструктаж.

Таблица 8.1 – Нормируемое время эвакуации при пожарах

Категория помещения	Необходимое время эвакуации, мин, при объеме помещения, тыс.м ³				
	До 15	30	40	50	60 и выше
А, Б	0.5	0.75	1.0	1.5	1.75
В	1.25	2.0	2.0	2.5	3.0
Г, Д	Не нормируется				

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

П-1 - помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки свыше 61°C (склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и др.);

П-11 - помещения, в которых выделяются горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м^3 к объему воздуха (деревоотделочные цехи, малозапыленные помещения мельниц и др.);

П-11а - помещения, в которых обращаются твердые горючие вещества (дерево, ткани и др.);

П-111 - зоны, расположенные вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки свыше 61°C или твердые горючие вещества.

Взрывоопасной считается зона в помещении в пределах 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или более 5 % свободного объема помещения.

Взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

В-1 - расположены в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве, что могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (при загрузке-разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях и др.);

В-1а - расположены в помещениях, где такие же смеси, как и в пункте В-1, возможны только в результате аварий или неисправностей;

В-1б - те же помещения, что и класса В-1а, но отличаются одной из следующих особенностей: горючие газы обладают высоким

НПВ (15% и более), возможно образование лишь местной взрывоопасной концентрации;

В-1г - пространства у наружных установок, содержащие взрывоопасные газы, пары, ГЖ и ЛВЖ, где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварии или неисправности;

В-11 - зоны в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и нормальных режимах работы;

В-11а - то же, что и В-11, но только в результате аварий или неисправностей.

Оборудование, устанавливаемое во взрывоопасных зонах, должно иметь взрывозащищенное исполнение, которое в зависимости от уровня взрывозащиты может иметь одно из следующих исполнений: повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное или особовзрывобезопасное. Оборудование, устанавливаемое в пожароопасных зонах, должно иметь пыле- или пылебрызгонепроницаемое исполнение.

Противопожарная охрана согласно Закону Украины делится на государственную, ведомственную, сельскую и добровольную.

Согласно Закону ответственность за пожарную безопасность возлагается на руководителя предприятия, структурного подразделения. Он обязан обеспечить: соблюдение правил и норм противопожарной безопасности; ассигнование этих мероприятий; назначение ответственных за пожарную безопасность; создание пожарно-технической комиссии; создание противопожарных инструкций.

8.3 Вопросы для самоконтроля

- 1 Каковы основные причины пожаров на предприятиях?
- 2 Перечислить факторы и виды пожаров.
- 3 Объяснить различие температур вспышки, воспламенения и самовоспламенения.
- 4 Как оценивают пожароопасность газов, паров и пылей?
- 5 В чем заключается классификация производств по пожарной и взрывной опасности?
- 6 Что такое степень огнестойкости и где она используется?
- 7 Что включает в себя система предотвращения пожаров?
- 8 Что включает в себя система противопожарной защиты?
- 9 Охарактеризовать организационно-технические мероприятия пожарной профилактики.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Законодательство Украины об охране труда, т. 1. – Киев, 1995. – 558 с.
- 2 Кобевник В.Ф. Охрана труда. - К.: Вища шк., 1990. - 286 с.
- 3 Охрана труда в машиностроении: Уч.для вузов / Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1993. - 432 с.
- 4 Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении. - М.: Высш. шк., 1980. - 294 .

СОДЕРЖАНИЕ

1	Основные термины и определения по охране труда	3
1.1	Цель, задачи и структура курса «Основы охраны труда»	3
1.2	Классификация опасных и вредных производственных факторов	5
1.3	Вопросы для самоконтроля	7
2	Оздоровление воздушной среды	8
2.1	Загрязнение воздушной среды	8
2.2	Метеорологические условия	12
2.3	Защита от источников теплоизлучений	15
2.4	Вентиляция производственных помещений	16
2.5	Охрана атмосферного воздуха	22
2.6	Вопросы для самоконтроля	25
3	Защита от производственного шума, инфразвука, ультразвука и вибраций	26
3.1	Производственный шум	26
3.2	Инфразвук и ультразвук	32
3.3	Вибрация	34
3.4	Вопросы для самоконтроля	37
4	Производственное освещение	38
4.1	Светотехнические характеристики	38
4.2	Виды освещения, нормирование	40
4.3	Выбор источников освещения и светильников	43
4.4	Принципы расчета освещения	45
4.5	Вопросы для самоконтроля	48
5	Защита от излучений	49

5.1 Электромагнитные поля и излучения	49
5.2 Ионизирующее излучение	54
5.3 Вопросы для самоконтроля	59
6 Безопасность технологических процессов и производственного оборудования	60
6.1 Требования безопасности к производственному оборудованию	60
6.2 Требования безопасности к производственным процессам	72
6.3 Вопросы для самоконтроля	77
7 Электробезопасность	78
7.1 Действие электрического тока на человека	78
7.2 Анализ случаев включения человека в электрическую сеть	81
7.3 Меры профилактики электротравматизма	84
7.4 Вопросы для самоконтроля	89
8 Пожарная безопасность	89
8.1 Понятие о процессе горения. Пожарная характеристика веществ и материалов	90
8.2 Меры пожарной профилактики	95
8.3 Вопросы для самоконтроля	103
Литература	103

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Дементий Лариса Владимировна

Чижиков Геннадий Ильич

Глиняная Наталья Михайловна

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

ПО КУРСУ

«ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА»

**для студентов всех специальностей дневного
и заочного отделения**

Часть 2

Редактор Хахина Нелли Александровна

Вз. 64/2000

Подп. к печ.

Формат 60 x 90/16

Офсетная печать. Усл. печ. л. 6,5

Уч. -изд. л. 4,73

Тираж 200 экз. Заказ №

ДГМА, 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72