

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

3-е издание, переработанное и дополненное

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.9я73

Н19

Назаренко О.Б.

Н19

Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

В учебном пособии представлены основные сведения по охране труда, промышленной экологии, чрезвычайным ситуациям. Дано представление об опасных и вредных факторах среды обитания, их источниках, воздействии на человека, мерах и средствах защиты человека и окружающей среды, рассмотрены законодательные и организационные основы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140205 «Электроэнергетические системы и сети», 140211 «Электроснабжение», 140601 «Электромеханика», 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов», 140610 «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений», 200106 «Информационно-измерительная техника и технологии», 220201 «Управление и информатика в технических системах», 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)», 230101 «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», 230105 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем».

УДК 614.8(075.8)

ББК 68.9я73

Рецензенты

Кандидат технических наук
директор ООО «Томскгазоочистка»

Е.Г. Зыков

Начальник отдела
государственной экологической экспертизы и нормирования
Управления Росприроднадзора по Томской области

Д.М. Шрамов

Кандидат технических наук,
доцент кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ

Д.В. Тихонов

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013

© Назаренко О.Б., Амелькович Ю.А. 2013

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – научная дисциплина о сохранении здоровья и безопасности человека в среде обитания.

Объектом изучения в дисциплине БЖД являются комплекс явлений и процессов в системе «человек – среда обитания», негативно воздействующих как на человека, так и на природную среду. Дисциплина объединяет тематику безопасного взаимодействия человека со средой обитания (производственной, бытовой, природной) и вопросы защиты от негативных факторов чрезвычайных ситуаций.

Цель изучения дисциплины БЖД – вооружить будущих специалистов теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для:

- создания комфортного состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;
- разработки и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий;
- проектирования и эксплуатации техники, технологических процессов и объектов экономики в соответствии с требованиями по безопасности и экологичности;
- обеспечения устойчивости функционирования объектов и технических систем в штатных и чрезвычайных ситуациях;
- прогнозирования развития и оценки последствий чрезвычайных ситуаций;
- принятия решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и применения современных средств поражения, а также в ходе ликвидации этих последствий.

Дисциплина БЖД, таким образом, решает три взаимосвязанных задачи:

1. Идентификация опасных и вредных факторов.
2. Защита человека от опасных и вредных факторов.
3. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Дисциплина, наряду с прикладной инженерной направленностью, ориентирована также на повышение гуманитарной подготовки выпускников технических университетов и базируется на знаниях, полученных при изучении социально-экономических, общенаучных и общеинженерных дисциплин.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1. Объект изучения в «Безопасности жизнедеятельности»

Безопасность жизнедеятельности – это наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека со средой обитания.

Деятельность и отдых человека проходят в непрерывном взаимодействии с окружающей его средой. Место жительства, вид деятельности, условия отдыха определяют конкретную среду обитания.

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

В жизненном цикле человек и окружающая его среда обитания образуют постоянно действующую систему «человек – среда обитания». Наиболее характерными являются системы «человек – природная среда», «человек – производственная среда», «человек – бытовая среда».

Различают ряд характерных состояний взаимодействия в системе «человек – среда обитания»:

- *комфортное (оптимальное)*, когда создаются оптимальные условия деятельности и отдыха, предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и продуктивной деятельности;
- *допустимое*, когда нет негативного влияния на здоровье, но взаимодействия в системе «человек – среда обитания» приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека;
- *опасное*, когда действующие факторы превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая заболевания или деградацию природной среды;
- *чрезвычайно опасное*, когда потоки энергий высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

Из четырех характерных состояний взаимодействия человека со средой обитания лишь первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) – недопустимы для процессов жизнедеятельности человека, сохранения и развития природной среды.

Взаимодействие со средой обитания может быть позитивным или негативным. Негативные воздействия в системе «человек – среда обитания» принято называть опасностями.

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям, т. е. это процессы, явления, предметы, оказывающие негативное влияние на жизнь и здоровье человека и на окружающую среду. Опасность – центральное понятие в безопасности жизнедеятельности.

Объектом изучения в безопасности жизнедеятельности является комплекс явлений и процессов в системе «человек – среда обитания», негативно воздействующих на человека и природную среду.

Различают опасности естественного и антропогенного происхождения. Источником естественных опасностей является природная среда (стихийные явления, климатические условия и т. д.). Антропогенные опасности обусловлены деятельностью человека и продуктами его труда.

Универсальным свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания является потенциальная опасность. **Жизнедеятельность человека потенциально опасна! Аксиома о потенциальной опасности** предопределяет, что все действия человека и компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов, обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы. При этом любое новое позитивное действие или результат неизбежно сопровождается возникновением новых негативных факторов.

Справедливость аксиомы можно проследить на всех этапах развития системы «человек – среда обитания». На всех этапах своего развития человек постоянно стремился к обеспечению личной безопасности и сохранению своего здоровья. На ранних стадиях своего развития, при отсутствии технических средств, человек непрерывно испытывал воздействие негативных факторов естественного происхождения: пониженных и повышенных температур воздуха, стихийных бедствий, контактов с дикими животными и т. п. Для защиты от естественных негативных факторов человек создает надежное жилище. Но появление жилища грозило его обрушением, ожогами от огня, пожарами. Наличие в современных квартирах бытовых приборов существенно облегчает быт, делает его комфортным и эстетичным, но одновременно вводит целый комплекс негативных факторов техногенного происхождения: электрический ток, электромагнитные излучения, шумы, вибрации, повышенная концентрация токсичных веществ в окружающем пространстве и т. д. Аналогично развиваются процессы и в производственной сфере.

1.2. Опасные и вредные факторы. Классификация

По характеру воздействия на человека все опасности подразделяются на опасные и вредные факторы.

Опасный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травмам или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. К опасным производственным факторам следует отнести электрический ток определенной силы, раскаленные тела, оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию. Воздействие на человека вредного производственного фактора может привести к профессиональному заболеванию. К вредным производственным факторам относятся неблагоприятные метеорологические условия, запыленность и загазованность воздушной среды, воздействие шума, вибрации, наличие электромагнитных полей, ионизирующих излучений и т. д.

Четкой границы между опасным и вредным факторами часто не существует. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный фактор может стать опасным. Рассмотрим в качестве примера воздействие на работающего расплавленного металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие, возникает термический ожог – это приводит к тяжелой травме. В этом случае мы имеем дело с опасным производственным фактором (по определению). Если же человек, постоянно работая с расплавленным металлом, находится под действием лучистой теплоты, излучаемой этим источником, то под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Кроме того, действие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения – приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие расплавленного металла на организм работающего является вредным производственным фактором.

Все опасности, формируемые в процессе трудовой деятельности, разделяются на физические, химические, биологические, психофизиологические (ГОСТ 12.0.003–74 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»).

К физическим факторам относят: движущиеся машины и механизмы; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенное дав-

ление паров или газов в сосудах; повышенные уровни шума, вибрации, инфразвука и ультразвука; недостаточную освещенность рабочей зоны; повышенный уровень электромагнитных излучений и др.

Химические факторы представляют собой вредные для организма человека вещества, подразделяющиеся по характеру воздействия (токсические, раздражающие, канцерогенные, мутагенные и др.) и по пути проникновения в организм человека (органы дыхания, кожные покровы и слизистые оболочки, желудочно-кишечный тракт).

Биологические факторы – это патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности.

Психофизиологические факторы – это физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Результатом воздействия опасных и вредных факторов на человека и природную среду является неуклонный рост травматизма, числа и тяжести заболеваний, количества аварий и катастроф, увеличение материального ущерба.

Оценочные данные свидетельствуют о том, что ежегодно в мире на производстве погибают около 200 тыс. человек и получают травмы 120 млн. человек. В России число погибших на производстве составляет за последние годы в среднем около 4–5 тыс., число травмированных – более 200 тыс. человек, а также фиксируется порядка 10 тыс. случаев профессиональных заболеваний в год.

Основной причиной тому являются неблагоприятные условия труда, несоблюдение требований безопасности. Следует отметить, что показатели смертельного производственного травматизма в нашей стране снижаются: за 10 лет эта цифра снизилась в 2 раза с 8234 человек в 1992 г. до 3920 человек в 2002 г. В то же время, за последние 20 лет число чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера увеличилось в 2 раза. Одной из крупнейших аварий техногенного характера является авария на Чернобыльской АЭС.

На пожарах в России ежегодно погибает около 20 тыс. человек, в результате ДТП – более 30 тыс. человек.

Стихийные бедствия часто сопровождаются травмированием и гибелью людей. В результате землетрясений, извержений вулканов, лавин, наводнений и т. п. в среднем ежегодно в мире погибает около 140 тыс. человек. Проявление сил природы также сопровождается разрушением промышленных объектов, гидросооружений, транспортных магистралей, возникновением пожаров и т. д.

Негативное влияние на здоровье людей, продолжительность их жизни и младенческую смертность оказывает и загрязнение окружающей среды, которое особенно сильно проявляется в крупных городах и промышленных центрах. Население более 70 городов России с общей численностью более 50 млн. человек проживает в условиях десятикратного превышения предельно допустимых концентраций токсичных веществ в атмосферном воздухе.

Защита человека от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и достижение комфортных условий жизнедеятельности является **основной целью** безопасности жизнедеятельности.

1.3. Критерии безопасности и комфортности

Состояние безопасности достигается при полном отсутствии воздействия опасностей или при условии, когда действующие опасности снижены до предельно допустимых уровней воздействия.

Критериями безопасности являются ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергий в жизненном пространстве. Это предельно допустимые концентрации (ПДК), характеризующие безопасное содержание вредных веществ химической и биологической природы в окружающей среде, а также предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия различных опасных и вредных факторов физической природы (шум, вибрация, ультразвук и инфразвук, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т. д.).

Концентрации веществ должны удовлетворять условиям:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где C_i – концентрация i -го вещества в жизненном пространстве; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества; n – число веществ однонаправленного действия.

Для потоков энергий (физических факторов) допустимые значения устанавливаются соотношениями

$$I_i \leq \text{ПДУ}_i \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n I_i \leq \text{ПДУ}_i,$$

где I_i – интенсивность i -го потока энергии; ПДУ_i – предельно допустимый уровень i -го потока энергии.

Предельно допустимым уровнем является уровень интенсивности воздействия фактора окружающей среды, при выходе за который проявляется его вредность и опасность.

Конкретные значения ПДК и ПДУ устанавливаются нормативными актами Государственной системы санитарно-эпидемиологического нормирования РФ.

Количественной характеристикой действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека, является **риск** – вероятность реализации опасности. Это отношение тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период. Величина риска оценивается на основании статистических данных по формуле

$$R = \frac{N_{\text{чс}}}{N_0} < R_{\text{доп}},$$

где R – риск; $N_{\text{чс}}$ – число чрезвычайных событий в год; N_0 – общее (возможное) число событий в год; $R_{\text{доп}}$ – допустимый риск.

Различают риск индивидуальный и коллективный.

Индивидуальный риск – это частота поражения отдельного человека в результате воздействия опасного фактора за определенный период времени.

Например, риск гибели человека на производстве за 1 год можно рассчитать, если известно, что ежегодно погибает около 7000 чел., а численность работающих составляет 70 млн. чел.:

$$R = \frac{7 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6} = 10^{-4}.$$

Коллективный (групповой) риск – это ожидаемое число пораженных в результате воздействия опасного фактора за определенный промежуток времени. В этом случае риск характеризует возможный ущерб, а не вероятность. Коллективный риск связан с индивидуальным риском:

$$R_{\text{кол}} = N \cdot R_{\text{инд}},$$

где N – число людей в группе.

Например, известно, что индивидуальный риск летального исхода при курении (одна пачка в день) составляет $3,6 \cdot 10^{-3}$. Тогда коллективный риск летального исхода при курении в стране с населением 141 млн. чел., если доля курящих составляет 0,4 всего населения, составит

$$R_{\text{кол}} = N \cdot R_{\text{инд}} = 0,4 \cdot 141 \cdot 10^6 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 208 \cdot 10^3,$$

т. е. число людей, ежегодно умирающих от рака легких, вызванного курением, может составлять примерно 208 тыс. чел.

Чем выше риск, тем выше реальность воздействия опасности. Абсолютная безопасность (нулевой риск) либо технически недостижима, либо экономически нецелесообразна, т. к. стоимость разработки безопасной техники обычно превышает эффект от ее применения, поэтому вводится понятие допустимого или приемлемого риска $R_{\text{доп}}$.

Уровень риска неблагоприятных последствий, обеспечивающих минимум суммы потерь и затрат, называется **приемлемым**. Приемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия менее 10^{-6} (уровень риска от поражения природными факторами, к которым человек исторически приспособлен), неприемлемый – более 10^{-3} . В настоящее время по международной договоренности принято считать, что технический риск должен находиться в пределах $10^{-7} \div 10^{-6}$ смерт. случаев/чел.год.

Приведем характерные значения риска естественной и принудительной смерти от воздействия условий жизни и деятельности:

- сердечно-сосудистые заболевания: 10^{-2} ;
- злокачественные опухоли: 10^{-2} ;
- автомобильные аварии: 10^{-3} ;
- несчастные случаи на производстве: 10^{-4} ;
- стихийные бедствия: 10^{-6} ;
- проживание вблизи ТЭС: 10^{-6} ;
- проживание вблизи АЭС: 10^{-8} .

Комфорт – оптимальное сочетание параметров микроклимата, удобств, благоустроенности и уюта в зонах деятельности и отдыха человека. В качестве **критериев комфортности** устанавливаются значения температуры воздуха, его влажности и подвижности. Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий (например, СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»). При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения.

1.4. Методы обеспечения безопасности жизнедеятельности

Наличие потенциальной опасности в системе «человек – среда обитания» не всегда сопровождается ее негативным воздействием на человека. Для реализации такого воздействия необходимо выполнить три условия:

- 1) реальное существование опасности;
- 2) нахождение человека в зоне опасности;
- 3) отсутствие у человека достаточных средств защиты.

При проведении различных технологических процессов на производстве возникают опасные зоны, в которых на работающих воздействуют опасные и (или) вредные производственные факторы. Примером таких факторов может служить опасность механического травмирования (в результате воздействия движущихся частей машин и оборудования, падающих с высоты предметов и др.), опасность поражения электрическим током, воздействие различных видов излучения и т. д. Размеры опасной зоны в пространстве могут быть постоянными или переменными.

Возможные варианты взаимного расположения зоны действия опасности (опасной зоны) и зоны пребывания работающего (рабочей зоны) показаны на рис. 1.1.

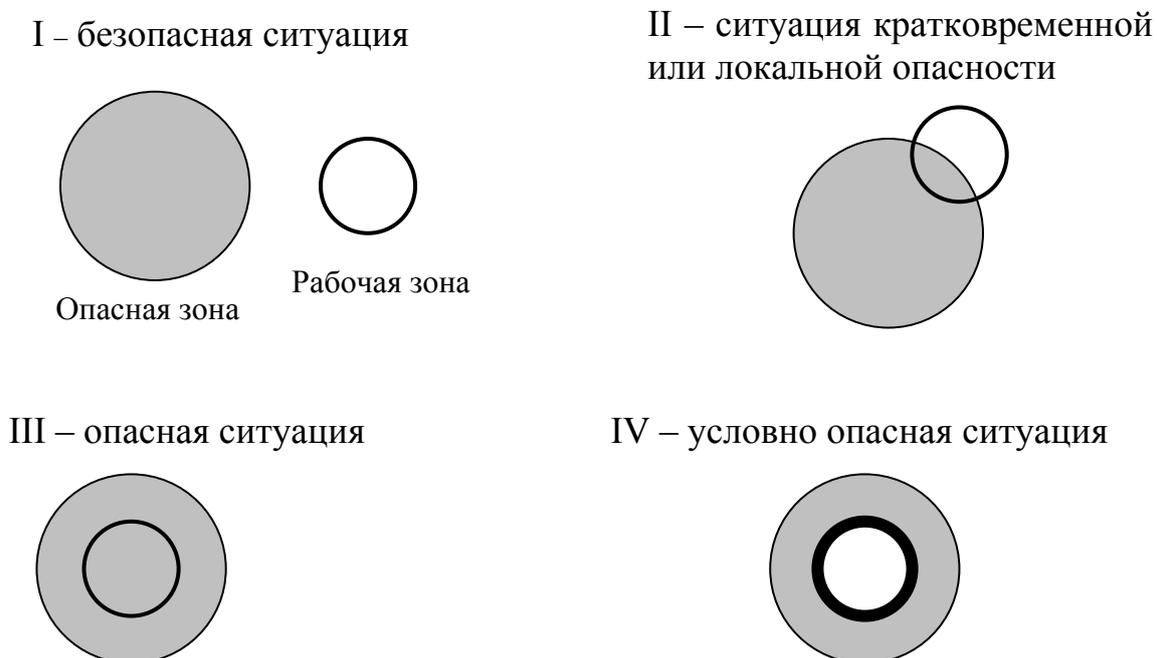


Рис. 1.1. Возможные варианты взаимного расположения зоны действия опасности и зоны пребывания работающего

Полную безопасность гарантирует только I вариант взаимного расположения зоны пребывания работающего и действия негативных факторов – такое расположение называется *защита расстоянием*. Реализуется, например, при дистанционном управлении и т. п.

Во II варианте негативное воздействие существует лишь в совмещенной части областей: если человек в этой части находится временно (осмотр, мелкий ремонт и т. п.), то и негативное воздействие возможно только в этот период времени.

В III варианте зоны накладываются друг на друга, негативное воздействие может быть реализовано в любой момент.

В случае IV варианта зоны накладываются друг на друга, но человек имеет средства индивидуальной защиты, может быть, находится в кабине наблюдения и т. п.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию и производственным процессам установлены ГОСТ 12.2.003–91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.3.002–75* «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности». Безопасность производственных процессов в основном определяется безопасностью производственного оборудования.

Основные методы обеспечения безопасности:

- пространственное или временное разделение зоны опасности и рабочей зоны (реализуется путем организации деятельности и инженерных решений; защита временем – устанавливается определенный режим работы; защита количеством – уменьшение мощности источника излучения; защита расстоянием – дистанционное управление оборудованием; автоматизация; эргономичность);
- адаптация среды к возможностям человека (реализуется путем использования средств коллективной защиты);
- адаптация человека к окружающей среде и повышение его защищенности (реализуется путем подготовки персонала к безопасному труду и использования средств индивидуальной защиты).

Средства коллективной защиты предусмотрены для одновременной защиты всех работающих на производственном участке. Основные средства коллективной защиты по принципу действия можно разделить на оградительные, предохранительные, блокирующие, сигнализирующие, системы дистанционного управления машинами и оборудованием, а также специальные.

Ограждения. Защитные ограждения включают: 1) устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне; 2) ограждения для защиты человека от опасных выделений (стружки, осколков). Выполняются в виде сеток, решеток, экранов, кожухов и т. д. Конструктивно оградительные устройства могут быть стационарными, подвижными (съёмными) и переносными. Ограждения должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать удары частиц, отлетающих при обработке, а также случайный вылет и удар заготовок и режущего инструмента. Изготавливаются ограждения из металлов, пластмасс, дерева, прозрачных материалов (оргстекло, триплекс и др.). Все открытые и движущиеся части ма-

шин должны быть закрыты ограждениями. Например, вращающиеся части станков закрываются глухими кожухами, прикрепленными к станку. Работа со снятым или неисправным ограждением запрещается. Внутренняя поверхность ограждений должна быть окрашена в яркие цвета, чтобы было заметно, если ограждение снято.

Предохранительные устройства – устройства, которые автоматически отключают машины или агрегаты при выходе какого-либо параметра оборудования за пределы допустимых значений, что исключает аварийные режимы работы. Примерами устройств этого типа являются: плавкие электрические предохранители, предназначенные для защиты электрической сети от больших токов, вызываемых короткими замыканиями; предохранительные клапаны и разрывные мембраны, устанавливаемые на сосуды, работающие под давлением; различные тормозные устройства, позволяющие быстро остановить движущиеся части оборудования; концевые выключатели и ограничители подъёма, предохраняющие движущиеся механизмы от выхода за установленные пределы, и др.

Блокировочные устройства исключают возможность проникновения человека в опасную зону или устраняют опасный фактор на время пребывания человека в опасной зоне. По принципу действия различают механические, электрические, фотоэлектронные, радиационные, гидравлические, пневматические и комбинированные блокировочные устройства. Электрическая и электромеханическая блокировка часто используется в электроустановках. Например, в ограждение электроустановки встраивается один из контактов концевого выключателя, поэтому при открытом или снятом ограждении электрическая цепь системы разомкнута, установка обесточивается.

Сигнализирующие устройства дают информацию о работе технологического оборудования и об изменениях в течение процесса, предупреждают об опасностях, сообщают о месте их нахождения. По способу представления информации различают сигнализацию звуковую, световую и комбинированную. По назначению все системы сигнализации принято делить на оперативную, предупредительную и опознавательную. Оперативная сигнализация представляет информацию о протекании технологических процессов. Для этого используют различные измерительные приборы – амперметры, вольтметры, манометры, термометры и т. д. Предупредительная сигнализация включается в случае возникновения опасности. Опознавательная сигнализация служит для выделения наиболее опасных узлов и механизмов промышленного оборудования, а также зон. Например, в красный цвет окрашивают сигнальные лампочки, предупреждающие об опасности, кнопку «стоп», противопожарный инвентарь, токоведущие шины и др. В желтый – эле-

менты строительных конструкций, которые могут являться причиной получения травм персоналом, внутривоздушной транспорт, ограждения, устанавливаемые на границах опасных зон, и т. д. В зеленый цвет окрашивают сигнальные лампы, двери эвакуационных и запасных выходов, конвейеры и другое оборудование.

Кроме отличительной окраски, используют и различные знаки безопасности. Эти знаки наносят на цистерны, контейнеры, электроустановки и другое оборудование. Знаки безопасности могут быть предупреждающими, предписывающими и указательными.

Системы дистанционного управления основаны на использовании телевизионных или телеметрических систем, а также визуального наблюдения с удаленных на достаточное расстояние от опасных зон участков. Управление работой оборудования из безопасного места позволяет убрать персонал из труднодоступных зон и зон повышенной опасности. Чаще всего системы дистанционного управления используют при работе с радиоактивными, взрывоопасными, токсичными и легковоспламеняющимися веществами и материалами.

В ряде случаев применяют специальные средства защиты, к которым относятся двуручное включение машин, различные системы вентиляции, глушители шума, осветительные приборы, защитное заземление и ряд других.



Рис. 1.2. Средства индивидуальной защиты органов дыхания (а, б), головы и лица (в, г), органов слуха (д), рук (е, ж)

В тех случаях, когда не предусмотрены коллективные средства защиты работающих или они не дают требуемого эффекта, прибегают к индивидуальным средствам защиты. **Средства индивидуальной защиты** (СИЗ) обеспечивают защиту отдельного человека или отдельных его органов с помощью специальной одежды, обуви, защитных касок, масок и др. Все СИЗ в зависимости от назначения подразделяют на следующие классы (ГОСТ 12.4.011–89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация»): изолирующие костюмы, средства защиты органов дыхания, одежда специальная защитная, средства защиты ног, рук, головы, средства защиты глаз и лица, органов слуха, средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства, защитные дерматологические средства, средства защиты комплексные (рис. 1.2).

При выборе СИЗ необходимо учитывать конкретные условия производственного процесса, вид и длительность воздействия на работающих опасного и вредного производственного фактора, а также индивидуальные особенности работающих.

1.5. Структура и задачи безопасности жизнедеятельности

Безопасность жизнедеятельности – это комплексная дисциплина, изучающая вопросы охраны окружающей среды (экологическая безопасность), гражданской обороны (БЖД в условиях ЧС) и охраны труда (БЖД в условиях производства).

Экологическая безопасность на основе изучения закономерностей взаимодействия природы и человека дает научно обоснованные рекомендации по охране природы, природопользованию и воспроизведению природных ресурсов.

Гражданская оборона обеспечивает защиту населения в ЧС: стихийных бедствиях, техногенных катастрофах, социально-политических конфликтах, военно-политических и межнациональных кризисах, сопровождающихся насилием.

Производственная безопасность (охрана труда) определяется как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности в процессе труда. Охрана труда (ОТ) исследует опасности, действующие в условиях производства, и разрабатывает методы защиты работающих от них. Охрана труда включает следующие разделы: производственная санитария, техника безопасности, пожарная профилактика, правовые и организационные вопросы.

- **Производственная санитария** – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.
- **Техника безопасности** – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.
- **Пожарная профилактика** – это система организационных мероприятий и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов, ограничение их последствий.
- **Организационно-правовые основы охраны труда** рассматривают законодательные и нормативные положения и вопросы организации работы по обеспечению безопасности.

Предметом изучения в курсе БЖД являются:

- объективные закономерности возникновения опасных и вредных факторов;
- анатомо-физиологические способности человека переносить воздействие вредных и опасных факторов среды обитания в обычных и чрезвычайных ситуациях;
- средства и методы формирования комфортных и безопасных условий жизнедеятельности и сохранения природной среды;
- правовые и организационные основы обеспечения жизнедеятельности.

Круг практических задач БЖД включает выбор принципов защиты, разработку и рациональное использование средств защиты человека и природной среды от негативного воздействия техногенных источников и стихийных явлений, а также средств, обеспечивающих комфортное состояние среды жизнедеятельности.

Дисциплина БЖД, таким образом, решает три взаимосвязанных задачи:

1. Идентификация опасных и вредных факторов, их контроль.
2. Защита человека от опасных и вредных факторов: разработка и использование средств защиты от опасностей, обучение основам защиты от опасностей.
3. Ликвидация возможных (исходя из концепции приемлемого риска) отрицательных последствий проявления опасностей.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите характерные состояния взаимодействия в системе «человек – среда обитания».
2. Поясните смысл аксиомы о потенциальной опасности.

3. Дайте определение понятий «опасный фактор» и «вредный фактор». Приведите примеры.
4. Приведите классификацию опасных и вредных факторов.
5. Какова основная цель безопасности жизнедеятельности?
6. Что представляют собой критерии безопасности и комфортности?
7. Что такое приемлемый риск?
8. Назовите основные методы обеспечения безопасности.
9. Что такое средства коллективной и индивидуальной защиты? Приведите примеры.
10. Приведите определения производственной санитарии, техники безопасности, пожарной профилактики.

Тесты к главе 1

1. Как называется система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих действие на работающих вредных производственных факторов?

- 1) производственная санитария;
- 2) техника безопасности;
- 3) гражданская оборона.

2. Негативное воздействие, которое приводит к травме или летальному исходу - это:

- 1) авария;
- 2) катастрофа;
- 3) вредный фактор;
- 4) опасный фактор.

3. Опасным производственным фактором на рабочем месте является:

- 1) ионизирующее излучение экрана дисплея;
- 2) электрический ток;
- 3) шум станков и оборудования;
- 4) тепловое излучение двигателей.

4. Вредным производственным фактором на рабочем месте является:

- 1) давление выше атмосферного;
- 2) шум станков и оборудования;
- 3) электрический ток;
- 4) возможность падения с высоты работающего.

5. К физическому негативному производственному фактору относится:

- 1) вредное для организма человека вещество;
- 2) монотонность труда;
- 3) воздействие микроорганизмов;
- 4) кинетическая энергия движущихся машин.

6. К химическому негативному производственному фактору относится:

- 1) вредное для организма человека вещество;
- 2) ионизирующее излучение;
- 3) эмоциональная перегрузка;
- 4) воздействие микроорганизмов.

7. К биологическому негативному производственному фактору относится:

- 1) вредное для организма человека вещество;
- 2) монотонность труда;
- 3) ионизирующее излучение;
- 4) воздействие микроорганизмов.

8. К психофизиологическому негативному производственному фактору относится:

- 1) вредное для организма человека вещество;
- 2) электромагнитное поле;
- 3) эмоциональная перегрузка;
- 4) ионизирующее излучение.

9. Критерием безопасности является:

- 1) введение ограничений на концентрации веществ и потоков энергий в среде;
- 2) установление предельно допустимых выбросов и излучений источников загрязнения среды;
- 3) соблюдение нормативных требований по микроклимату и освещению.

10. Приемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия:

- 1) 10^{-2} ; 2) 10^{-4} ; 3) 10^{-6} ; 4) 10^{-10} .

2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Управление БЖД ведется по трем самостоятельным направлениям, каждое из которых имеет свою правовую (законодательную), нормативную и организационную основу, свои руководящие и контролирующие органы. Этими направлениями являются:

- 1) обеспечение охраны труда;
- 2) обеспечение охраны окружающей среды;
- 3) обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях.

2.1. Правовые и нормативно-технические основы

2.1.1. Основные законодательные документы

Правовую основу обеспечения безопасности и здоровья составляют Конституция РФ, гарантирующая право граждан на труд, отдых, охрану здоровья, материальное обеспечение в старости, в случае болезни, при полной или частичной нетрудоспособности и т. д., а также законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации и входящих в нее республик, и подзаконные акты: указы президентов, постановления, принимаемые правительствами РФ и входящих в нее государственных образований, местными органами власти и специально уполномоченными на то органами. Среди последних можно назвать Министерство природных ресурсов РФ, Министерство здравоохранения РФ, Министерство труда и социальной защиты РФ, Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС) и их территориальные органы. На базе подзаконных актов разрабатываются различные положения, инструкции, правила, устанавливающие принципы организации работ по обеспечению безопасности и сохранению здоровья.

Основные правовые гарантии в части обеспечения производственной безопасности регламентирует Трудовой кодекс РФ (2001 г. с последующими изменениями и дополнениями).

Трудовой Кодекс РФ устанавливает права и обязанности работника и работодателя, регулирует вопросы охраны труда, профподготовки, переподготовки и повышения квалификации, трудоустройства, социального партнерства. Закрепляются правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров. Отдельные главы посвящены особенностям правового регулирования труда некоторых категорий граждан (несовершеннолетних, педагогов, тренеров и спортсменов, надомников, вахтовиков и др.).

В перечень основных законодательных актов о труде и об ОТ входят также Федеральные законы «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (1998 г.), «О техническом регулировании» (2002 г.) и др.

Правовую основу охраны окружающей среды составляют законы:

- Конституция РФ, в соответствии с которой каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением (ст. 42). Также каждый гражданин обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам (ст. 58).

- ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999 г.), в соответствии с которым введено санитарное законодательство, включающее указанный закон и нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и безвредности для человека факторов среды его обитания, а также требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

- ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.), который направлен на обеспечение экологической безопасности.

- ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (2011 г.) и «О защите прав потребителей» (1992 г.), содержащие ряд требований по охране окружающей среды.

- Водный кодекс РФ (2006 г.), Земельный кодекс РФ (2001 г.), законы РФ «О недрах» (1992 г.), «Об охране атмосферного воздуха» (1999 г.), «Об экологической экспертизе» (1995 г.) и др., которые направлены на охрану составных элементов биосферы.

Правовой основой организации работ в условиях чрезвычайных ситуаций являются законы:

- ФЗ «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994 г.);

- ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1997);

- ФЗ «О пожарной безопасности» (1994 г.), «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (2008 г.);

- ФЗ «Об использовании атомной энергии» (1995 г.) и др.

2.1.2. Нормативно-техническая документация

В РФ действует система нормативных актов, содержащих государственные нормативные требования по БЖД. Перечень основных нормативно-технических документов по техносферной безопасности (по состоянию на 01.01.2013 г.) представлен в Приложении.

Рассмотрим основные виды нормативно-технической документации.

1. **Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Госстандарта России**, которая включает государственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), стандарты предприятий (СТП).

ССБТ представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда. Это основной вид нормативных актов по охране труда.

Шифр этой системы в государственной системе стандартизации – 12 (ГОСТ 12). ССБТ включает в себя несколько подсистем. Стандарты подсистемы 0 – это организационно-методические стандарты, которые устанавливают цель, задачи, структуру ССБТ, терминологию, классификацию опасных и вредных факторов, принципы организации работы по обеспечению безопасности труда в промышленности. Стандарты подсистемы 1 устанавливают требования по видам опасных и вредных производственных факторов, их предельно допустимые значения, методы контроля уровня факторов, методы и средства защиты работающих от их воздействия. Стандарты подсистемы 2 устанавливают требования безопасности к производственному оборудованию, методы контроля выполнения их требований. Стандарты подсистемы 3 устанавливают требования безопасности к производственным процессам; подсистемы 4 – к средствам защиты; подсистемы 5 – к зданиям и сооружениям.

Таким образом, обозначение ССБТ состоит из шифра ССБТ, шифра подсистемы, порядкового номера стандарта в подсистеме и года утверждения стандарта. Например, ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» относится к подсистеме, устанавливающей требования безопасности к производственному оборудованию, и содержит эргономические требования к рабочему месту при выполнении работы сидя.

2. **Гигиенические нормативы (ГН), санитарные нормы (СН) и санитарные правила и нормы (СанПиН)** Минздрава России.

Санитарные нормы устанавливают предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и воде, а также предельные уровни физических воздействий шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных полей, ионизирующих излучений и т. д.

3. **Система строительных норм и правил (СНиП)** Госстроя России.

В системе строительных норм и правил рассмотрены нормы проектирования сооружений различного назначения, учитывающие требования безопасности, охраны окружающей среды и рационального природопользования.

В соответствии с ФЗ от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» Министерством регио-

нального развития РФ в настоящее время осуществляется работа по актуализации строительных норм и правил, признаваемых *сводами правил (СП)* и включенных в перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований данного ФЗ.

4. **Правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), правила безопасности (ПБ)** (пожарной, радиационной, технической, электробезопасности и др.) соответствующих федеральных надзоров России.

5. **Правила по ОТ и инструкции по ОТ:** межотраслевые (ПОТ М) Министерства труда и социального развития РФ, отраслевые (ПОТ О), типовые отраслевые инструкции по охране труда (ТОИ) федеральных органов исполнительной власти;

6. **Организационно-методические документы:** положения (П), методические указания (МУ), рекомендации (Р).

7. **Система стандартов «Охрана природы».**

Система стандартов «Охрана природы» имеет шифр 17 в государственной системе стандартизации и состоит из десяти комплексов стандартов. Кодовое название комплекса: 0 – организационно-методические стандарты; 1 – гидросфера; 2 – атмосфера; 3 – биологические ресурсы; 4 – почвы; 5 – земли; 6 – флора; 7 – фауна; 8 – ландшафты; 9 – недра. Каждый комплекс стандартов, начиная с комплекса 1, включает в себя восемь групп стандартов: 0 – основные положения; 1 – термины, определения, классификация; 2 – показатели качества природных сред, параметры выбросов и сбросов; 3 – правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов; 4 – методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий; 5 – требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды; 6 – требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений; 7 – прочие стандарты.

Обозначение стандартов в области охраны природы состоит из шифра системы, шифра комплекса, шифра группы, порядкового номера стандарта и года регистрации стандарта. Так, стандарт ГОСТ 17.2.1.03–87 «Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения» стоит в комплексе 2 (атмосфера), группе 1 (термины и определения).

8. **Система стандартов «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».**

Система стандартов «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (БЧС) имеет шифр 22 в государственной системе стандартизации и состоит из десяти групп стандартов. Стандарты группы 0 устанавливают

основные положения: основные термины и определения, классификацию ЧС, классификацию поражающих факторов и воздействий источников ЧС и др. Группа 1 – это стандарты в области мониторинга и прогнозирования; группа 2 – стандарты в области обеспечения безопасности объектов народного хозяйства; группа 3 – стандарты в области обеспечения безопасности населения; группа 4 – стандарты в области обеспечения безопасности продовольствия, пищевого сырья и кормов; группа 5 – стандарты в области обеспечения безопасности сельскохозяйственных животных и растений; группа 6 – стандарты в области обеспечения безопасности водоисточников и систем водоснабжения; группа 7 – стандарты на средства и способы управления, связи и оповещения; группа 8 – стандарты в области ликвидации чрезвычайных ситуаций; группа 9 – стандарты в области технического оснащения аварийно-спасательных формирований, средств специальной защиты и экипировки спасателей.

Обозначение отдельного стандарта в комплексе стандартов БЧС состоит из индекса (ГОСТ Р), шифра системы (22), шифра группы, порядкового номера стандарта в группе и года утверждения или пересмотра стандарта. Например: ГОСТ Р 22.0.01–94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения».

9. Технические регламенты – это документы, устанавливающие обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации). Регламенты должны прийти на смену прежней системе стандартизации и регулировать только вопросы безопасности.

Понятие технического регламента введено ФЗ «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.). Закон разделил понятия технического регламента и стандарта, установив добровольный принцип применения стандартов. Технические регламенты, в отличие от ГОСТ, ТУ и других нормативных документов, носят обязательный характер, однако могут устанавливать только минимально необходимые требования в области безопасности, причем приниматься они могут только в определенных целях:

- защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей;
- обеспечения энергетической эффективности.

Например: «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ, принятый в целях защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей; обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений. Данный технический регламент устанавливает минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям, а также к связанным с ними процессам проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации, в том числе требования механической и пожарной безопасности; безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях; безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях; доступности зданий и сооружений для инвалидов; энергетической эффективности зданий и сооружений; безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду.

2.2. Организационные основы управления производственной безопасностью

2.2.1. Управление охраной труда

Государственное управление охраной труда осуществляется Правительством РФ непосредственно или по его поручению федеральным органом исполнительной власти по труду и другими федеральными органами исполнительной власти. К числу федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих управление охраной труда (ОТ), относится прежде всего Министерство труда и социальной защиты РФ (в структуре которого имеется специальный Департамент условий и охраны труда). В отраслях экономики или в определенной сфере деятельности управление ОТ ведут: Минэкономразвития РФ, Минфин РФ, Минобрнауки РФ и др.

Важнейшей функцией системы управления охраной труда является контроль за соблюдением законодательных и нормативных правовых актов о труде в целях обеспечения защиты трудовых прав граждан. **Основные виды контроля:**

- государственный надзор за выполнением требований охраны труда;
- ведомственный контроль вышестоящих организаций;
- оперативный контроль, проводимый руководителем работ и другими должностными лицами;

- контроль требований безопасности труда при аттестации рабочих мест;
- контроль со стороны службы охраны труда предприятия.

Основной орган государственного надзора и контроля – федеральная служба по труду и занятости (Роструд), которая осуществляет надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства, установленного порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве, нормативных правовых актов о возмещении вреда, причиненного здоровью работника и т. д. В ее подчинении находятся государственные инспекции труда субъектов РФ.

Федеральным органам исполнительной власти предоставлено право осуществлять функции надзора и контроля в пределах своих полномочий.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) проверяет выполнение предприятиями санитарных и гигиенических норм и правил.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) осуществляет надзор и контроль промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии, безопасности электрических и тепловых установок и сетей и т. д. В структуру Ростехнадзора входят управления: государственного энергетического надзора, государственного строительного надзора, горного надзора, по регулированию безопасности атомных станций и исследовательских ядерных установок и др.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) осуществляет надзор и контроль над использованием природных ресурсов, негативным воздействием на окружающую среду при осуществлении всех видов природопользования, в том числе экологически опасных.

Государственная экспертиза условий труда контролирует условия труда, качество проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, правильность предоставления компенсации за тяжелую работу и работу с вредными или опасными условиями труда, а также готовит предложения об отнесении организаций к классу профессионального риска в соответствии с результатами сертификации работ по охране труда в организациях.

Ведомственный контроль проводят комиссии, возглавляемые главными специалистами министерств и территориальных управлений.

На предприятиях контроль осуществляют службы ОТ предприятий, инженеры по ОТ, руководители подразделений.

Оперативный контроль осуществляется администрацией на всех уровнях ежедневно: мастера и бригадиры перед началом работы проводят проверку соответствия требованиям безопасности оборудования, средств защиты, инструмента, приспособлений, организации рабочего места. В процессе работы контролируется безопасность ее проведения.

Общественный контроль за соблюдением прав и интересов работников в области охраны труда на предприятии осуществляется через уполномоченного по охране труда профессионального союза или трудового коллектива. Основная его функция – контроль за соблюдением законных прав и интересов работников в области охраны труда на предприятиях всех форм собственности, независимо от сферы их хозяйственной деятельности, ведомственной принадлежности и численности работников.

2.2.2. Организация работ по охране труда на предприятиях

В соответствии с ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя.

Организация работ по охране труда возложена на службы охраны труда. По Трудовому кодексу РФ на предприятии с численностью работников более 50 человек создается служба ОТ или вводится должность специалиста по ОТ. При меньшей численности решение принимается работодателем с учетом специфики отрасли.

Главной задачей службы ОТ на предприятии является создание безопасных и здоровых условий труда для работающего персонала. Служба ОТ, в частности, проводит анализ состояния и причин производственного травматизма и профзаболеваний, совместно с соответствующими службами предприятия разрабатывает мероприятия по предупреждению несчастных случаев на производстве, организует работу по аттестации рабочих мест, по обеспечению здоровых условий труда, оказывает помощь в организации обучения работников вопросам ОТ, участвует в работе аттестационных комиссий и комиссий по проверке знаний работниками правил и норм по ОТ, инструкций по технике безопасности и выполняет ряд других функций.

Аттестация рабочих мест по условиям труда проводится в соответствии с ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» и Порядком проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Аттестация рабочих мест по условиям труда – это система анализа и оценки рабочих мест для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работающих с условиями труда, сертификации производственных объектов, подтверждения или отмены права предоставления компенсации и льгот работникам, занятым на тяжелых работах и рабо-

тах с вредными и опасными условиями труда (дополнительный отпуск, сокращенный рабочий день, доплаты, льготная пенсия и т. д.).

Аттестация рабочих мест по условиям труда включает гигиеническую оценку соответствующих условий и характера труда, оценку травмобезопасности рабочих мест и учет обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты.

По результатам проверки заполняются карты аттестации рабочих мест, в которых фиксируются нормативные и фактические значения факторов, характеризующих условия труда, величины отклонения их от нормы, наличие тяжелого физического и напряженного труда, соответствие требованиям безопасности средств коллективной и индивидуальной защиты, оборудования и технологических процессов. Аттестационная комиссия выносит решение либо об аттестации рабочего места, либо его рационализации, либо ликвидации. Аттестация рабочих мест проводится не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений.

По результатам аттестации рабочего места и сертификации оборудования, которая проводится органами Госстандарта России, производится сертификация производственного объекта. Основная цель системы сертификации работ по охране труда в организациях – содействие методами и средствами сертификации поэтапному решению проблемы создания здоровых и безопасных условий труда на основе их достоверной оценки, а также учета результатов сертификации при реализации механизма экономической заинтересованности работодателей в улучшении условий труда.

Контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия, реализуется в форме целевых и комплексных проверок. При *целевых проверках* контролируется производственное оборудование по определенному признаку. Контроль проводится в нескольких цехах. *Комплексные проверки* проводятся в одном цехе. При этом объектами контроля являются как производственное оборудование, так и условия труда.

Обучение по ОТ является одним из направлений профилактической работы по ОТ. Порядок и виды обучения и проверки знаний по безопасности труда работников установлены ГОСТ 12.0.004–90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения». Основной формой обучения работников по охране труда является проведение инструктажа: вводного, первичного на рабочем месте, повторного, внепланового, целевого.

Вводный инструктаж проводят со всеми лицами, поступающими на предприятие, а также с командированными и учащимися, прибывшими на практику. Цель – дать работнику общие знания по ОТ, основные сведения об организации, правилах поведения на ее территории.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально, сопровождая его показом безопасных при-

емов работы. Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

После начала самостоятельной работы все работники не реже чем раз в полгода проходят **повторный инструктаж**. Цель этого инструктажа – восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

Внеплановый инструктаж проводят при изменении правил по охране труда, технологического процесса, нарушениях работниками требований безопасности и в некоторых других случаях.

Целевой инструктаж проводят перед выполнением работ, на которые требуется оформление наряд-допуска (особо опасные работы типа ремонта электросетей, резервуаров, работ на большой высоте и т. п.), а также при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, уборка территории), и в других случаях.

Все виды инструктажа оформляются в специальных журналах и по установленной форме с обязательной подписью инструктирующего и инструктируемого.

2.2.3. Производственный травматизм

Одной из основ принятия управленческих решений является анализ производственного травматизма.

Несчастный случай на производстве – это случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работ (ГОСТ 12.0.002–80. «ССБТ. Термины и определения»). Результатом несчастного случая является травма.

Производственная травма представляет собой повреждение организма человека и потерю им работоспособности, вызванные несчастным случаем на производстве. Повторение несчастных случаев, связанных с производством, называется производственным травматизмом.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ (ст. 227) расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя, при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя, а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах.

Расследованию в установленном порядке подлежат несчастные случаи, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо

его смерть и происшедшие при выполнении работником своих трудовых обязанностей в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы; при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем, либо на личном транспортном средстве в случае его использования в производственных целях по распоряжению работодателя; при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя к месту выполнения работы и обратно, в том числе пешком, а также в некоторых других случаях (см. ст. 227 Трудового кодекса РФ).

Работодатель или лицо, им уполномоченное, обязаны:

- немедленно обеспечить оказание пострадавшему первой помощи, а при необходимости – доставку его в медицинское учреждение;
- принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к аварии;
- организовать формирование комиссии по расследованию несчастного случая.

Расследование несчастных случаев производит комиссия в составе специалиста по охране труда, представителей работодателя и профсоюзного органа (не менее трех человек). По требованию пострадавшего в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо. Несчастные случаи, произошедшие с работниками, направленными сторонними организациями, в т. ч. со студентами и учащимися, проходящими производственную практику, расследуются с участием представителя направившей их организации.

Комиссия по расследованию несчастного случая обязана в течение трех суток с момента происшествия расследовать обстоятельства и причины несчастного случая. При случаях, вызвавших потерю у работника трудоспособности на период не менее одного дня или необходимость перевода его на другую работу, или его смерть, составляется *акт по форме Н-1* в двух экземплярах (если несчастный случай произошел с работником другой организации, то акт составляется в трех экземплярах). Подписанный членами комиссии и утвержденный работодателем акт заверяется печатью организации. После окончания расследования один экземпляр утвержденного акта по форме Н-1 должен быть передан пострадавшему.

Групповой несчастный случай (два человека и более), тяжелый несчастный случай, несчастный случай со смертельным исходом подлежат специальному расследованию. Расследование проводится в тече-

ние 15 дней комиссией в составе государственного инспектора по охране труда, представителей органа исполнительной власти соответствующего субъекта РФ, представителя работодателя, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа.

Руководитель предприятия обязан немедленно принять меры к устранению причин, вызвавших несчастный случай.

2.2.4. Методы анализа производственного травматизма

Одним из важнейших условий борьбы с производственным травматизмом является **систематический анализ причин** его возникновения, которые делятся на технические, организационные и личностные.

Технические причины в большинстве случаев проявляются как результат конструктивных недостатков машин, механизмов, оборудования, инструмента, недостаточности освещения, неисправности защитных средств, оградительных устройств или их отсутствия, несовершенства технологических процессов и т.п.

К организационным причинам относится несоблюдение правил техники безопасности, неподготовленность работников, нарушение трудовой дисциплины, неправильная организация работы, нарушение режима работы и отдыха, неприменение средств индивидуальной защиты и др.

Под **личностными причинами** понимают неосторожность или невнимательность (из-за усталости, воздействия внешних факторов и т. д.), ошибочные действия, недисциплинированность работников.

Для анализа производственного травматизма используются такие методы, как статистический и монографический.

Статистический метод основан на анализе статистического материала по травматизму, накопленного на предприятии за определенный период времени (год, квартал, месяц и т. д.). При рассмотрении итогов работы предприятия по борьбе с травматизмом анализируют динамику частоты и тяжести травматизма.

Количественными показателями производственного травматизма являются: коэффициент частоты, коэффициент тяжести и коэффициент нетрудоспособности.

Коэффициент частоты, выражающий количество несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих, рассчитывают по формуле

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P,$$

где T – общее число пострадавших за определенный период времени; P – среднесписочная численность работающих за тот же период времени.

Коэффициент тяжести, выражающий число дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай, определяют по формуле

$$K_T = D/T,$$

где D – число дней нетрудоспособности, вызванной несчастными случаями.

Коэффициент нетрудоспособности подсчитывают по формуле

$$K_H = K_q K_T.$$

Динамика показателей травматизма и нетрудоспособности определяет тенденцию изменения условий и охраны труда на предприятии и является основанием для выработки управляющих решений для работодателя и вышестоящих организаций управления в области охраны труда.

Разновидностями статистического метода являются групповой и топографический методы.

При *групповом методе* травмы группируются по отдельным признакам: времени травмирования; возрасту; квалификации и специальности пострадавших; видам работ; причинам и т. п. Это позволяет выявить наиболее неблагоприятные моменты в организации работ, состоянии условий труда или оборудования.

При *топографическом методе* все несчастные случаи в течение анализируемого периода наносят условными знаками на план расположения оборудования. Скопление таких знаков на том или ином месте характеризует его повышенную травмоопасность.

Монографический метод анализа травматизма предусматривает многосторонний анализ причин травматизма непосредственно на рабочих местах. При этом изучаются организация и условия труда, состояние оборудования, инструментов. Этот метод применим не только для анализа совершившихся несчастных случаев, но и для выявления потенциальных опасностей на изучаемом участке.

2.2.5. Ответственность за нарушение законодательства по производственной безопасности

За нарушение законодательства по производственной безопасности предусматривают следующие **виды ответственности**:

1) **дисциплинарная** ответственность, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (дисциплинарное взыскание, замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);

2) **административная** ответственность, которой подвергаются работники административно-управленческого аппарата, а имеют право привлекать к ней органы государственного надзора, федеральные инспекции труда (предупреждение, общественное порицание, штраф);

3) **материальная** ответственность, которую несет предприятие в целом или виновные должностные лица этого предприятия, за трудовое увечье, профессиональное заболевание работника или иное повреждение здоровья (штрафы, выплата потерпевшему денежных сумм, компенсация дополнительных расходов); на работника материальная ответственность возлагается в полном размере причиненного ущерба за ущерб, нанесенный работодателю при выполнении трудовых обязанностей;

4) **уголовная** ответственность выражается в наказании за нарушение, повлекшее за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия (штраф, исправительные работы, лишение свободы).

2.3. Управление охраной окружающей природной среды

На федеральном уровне управление осуществляется Президентом, Федеральным собранием, Правительством РФ, Министерством природных ресурсов и экологии РФ, Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор).

На региональном уровне управление охраной окружающей среды ведется представительными и исполнительными органами власти, местными органами самоуправления.

На промышленных объектах организация работ по охране окружающей среды осуществляется одной из служб главных специалистов (отделом главного механика или энергетика) или специальной службой по охране окружающей среды. Подразделение, ответственное за проведение работ, контролирует выполнение законодательства по охране окружающей среды на предприятии, проводит инвентаризацию источников сбросов и выбросов, а также энергозагрязнений, обеспечивает контроль загрязнений атмосферы, гидросферы и почв, создаваемых предприятием.

2.4. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях

Управление чрезвычайными ситуациями обеспечивается единой государственной системой предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС).

РСЧС объединяет органы государственного управления РФ всех уровней, общественные организации, которые обязаны выполнять задачи, связанные с обеспечением безопасности и защиты населения, предупреждением, реагированием и действиями в ЧС. РСЧС обеспечивает координацию сил и средств этих органов управления и организаций по предупреждению ЧС, защите населения, материальных и культурных ценностей, окружающей среды при возникновении аварий, катастроф, стихийных бедствий и применении возможным противником современных средств поражения.

РСЧС включает территориальные и функциональные подсистемы и имеет пять уровней: объектовый, местный, территориальный, региональный и федеральный. Главный орган федерального уровня – Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС).

Территориальные подсистемы (республик в составе РФ, краев и областей) состоят из звеньев, соответствующих принятому в России административно-территориальному делению.

Функциональные подсистемы состоят из органов управления, сил и средств министерств и ведомств РФ, непосредственно решающих задачи по наблюдению и контролю над состоянием природной среды и обстановкой на потенциально опасных объектах, по предупреждению стихийных бедствий и ликвидации последствий ЧС. Единая система предупреждения и ликвидации ЧС на федеральном уровне объединяет силы постоянной готовности следующих ведомств: МЧС, Минатома, МВД, Минсельхозпрода, Минэнерго, Минтранса, Минздрава, Росгидромета и др.

Координирующими органами РСЧС являются межведомственные комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС, региональные центры, комиссии по ЧС органов исполнительной власти субъектов РФ, комиссии по ЧС органов местного самоуправления и объектов комиссии по ЧС.

2.5. Вопросы организации условий трудовой деятельности

2.5.1. Классификация основных форм деятельности человека

Многообразие форм трудовой деятельности человека подразделяется на физический и умственный труд.

Физический труд характеризуется нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма человека (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения внимания, памяти, а также активизации процессов мышления.

В современной трудовой деятельности человека объем чисто физического труда незначителен. В соответствии с существующей **физиологической классификацией** трудовой деятельности различают:

- формы труда, требующие значительной мышечной активности;
- механизированные формы труда;
- формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством;

- групповые формы труда – конвейер;
- формы труда, связанные с дистанционным управлением;
- формы интеллектуального (умственного) труда.

Энергетические затраты человека зависят от интенсивности мышечной работы, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других условий (температуры, влажности, скорости движения воздуха и др.). Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим большое значение для оптимизации условий труда и его рациональной организации.

2.5.2. Классификация условий трудовой деятельности

Условия труда – это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Факторы производственной среды – вредные производственные факторы: физические, химические, биологические.

Факторы трудового процесса: тяжесть труда и монотонность труда.

Оценка факторов производственной среды и трудового процесса проводится в соответствии с руководством Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация».

Классификация условий труда по степени опасности и вредности

Условия труда оцениваются четырьмя классами:

1-й класс – оптимальные (комфортные) условия труда обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека. Оптимальные нормативы установлены для параметров микроклимата и факторов трудового процесса (тяжесть и напряженность труда). Для остальных факторов условно оптимальными считаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы не превышают допустимых пределов для населения;

2-й класс – допустимые условия труда характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают гигиенических нормативов для рабочих мест. Изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающего и его потомство. Оптимальные и допустимые условия труда безопасны;

3-й класс – вредные условия труда характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомства. В зависимости от уровня превышения нормативов факторы этого класса подразделяются на четыре степени вредности:

3.1 – вызывающие обратимые функциональные изменения организма;

3.2 – приводящие к стойким функциональным изменениям и росту заболеваемости;

3.3 – приводящие к развитию профессиональной патологии в легкой форме и росту числа хронических заболеваний;

3.4 – приводящие к тяжелым формам профессиональных заболеваний и высокому уровню заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

4-й класс – травмоопасные (экстремальные) условия труда. Уровни производственных факторов этого класса таковы, что их воздействие в течение рабочей смены создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний.

Например, в зависимости от уровня шума условия труда считаются допустимыми (класс 2), если эквивалентный уровень звука не превышает ПДУ. При превышении ПДУ до 5 дБА устанавливается класс условий труда 3.1 (класс 3, степень вредности 1); от 5 до 15 дБА – класс 3.2; от 15 до 25 дБА – класс 3.3; от 25 до 35 – класс 3.4. Травмоопасными (экстремальными) условия труда (класс 4) считаются при превышении ПДУ более чем на 35 дБА.

Тяжесть и напряженность труда

Тяжесть и напряженность труда характеризуются степенью функционального напряжения организма. Оно может быть энергетическим, зависящим от мощности работы – при физическом труде, и эмоциональным – при умственном труде.

Физический труд классифицируется по тяжести труда. Умственный труд классифицируется по напряженности труда.

Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма, обеспечивающие его деятельность. Характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, общим числом стереотипных рабочих движений, величиной статической нагрузки, формой рабочей позы, степенью наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

Различают три класса условий труда по показателям тяжести трудового процесса:

- оптимальный (легкая физическая нагрузка);
- допустимый (средняя физическая нагрузка);
- вредный (тяжелый труд) – 1, 2 и 3 степени.

Для мужчин и женщин установлены различные нормативы величин физической динамической и статической нагрузки, массы поднимаемого и перемещаемого груза.

Например, оценка массы перемещаемого груза (для мужчин) позволяет отнести условия труда к оптимальным (до 15 кг), допустимым (до 30 кг) или вредным условиям труда 1-й степени тяжести (более 30 кг). Для женщин – 5, 10, более 10 кг.

Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на ЦНС, органы чувств, эмоциональную сферу работника. Характеризуется интеллектуальными нагрузками (содержание работы, степень сложности задания), сенсорными (длительность наблюдения и число одновременно наблюдаемых объектов: контрольно-измерительные приборы, продукт производства и т. д.), эмоциональными (степень ответственности, риска для собственной жизни и безопасности других лиц), степенью монотонности нагрузок, режимом работы (продолжительность рабочего дня, сменность работы).

Различают три класса условий труда по показателям напряженности трудового процесса:

- оптимальный (напряженность легкой степени);
- допустимый (напряженность средней степени);
- вредный (напряженный труд) – 1 и 2 степени.

Например, труд студентов требует решения задач по известным правилам и алгоритмам, восприятия информации с последующей коррекцией своих действий, выполнения заданий, длительного сосредоточенного наблюдения, нагрузки на зрительные анализаторы. По этим критериям труд студентов в зависимости от организации процесса обучения, продолжительности учебных занятий в день можно по напряженности отнести к легкой (оптимальные условия трудового процесса) или средней степени (допустимые условия).

Классификация условий труда по травмобезопасности

Травмобезопасность – соответствие рабочих мест требованиям охраны труда, исключающим травмирование работающих в условиях, регламентированных правовыми актами по ОТ. Условия труда при травмобезопасности делятся на три класса:

- **класс 1** (оптимальные условия): полное соответствие оборудования и инструмента стандартам и правилам. Установлены и исправлены средства защиты. Средства инструктажа и обучения составлены в соответствии с требованиями, оборудование исправно;

- **класс 2** (допустимые условия): повреждения и неисправности средств защиты, не снижающие их защитных функций: частичное загрязнение сигнальной окраски, ослабление отдельных крепежных деталей и т. д.;

- **класс 3** (опасные условия): повреждены, неисправны или отсутствуют предусмотренные конструкцией оборудования средства защиты рабочих органов и передач (ограждения, блокировка, сигнальные устройства и др.), неисправен инструмент. Отсутствуют инструкции по ОТ, либо имеющиеся инструкции составлены без учета соответствующих требований. Отсутствуют средства обучения безопасности труда, а имеющиеся некачественны.

2.5.3. Пути повышения эффективности трудовой деятельности

Основным показателем трудовой деятельности человека принято считать его **работоспособность**, т. е. способность производить действия, характеризующаяся количеством и качеством работы за определенное время.

Во время трудовой деятельности работоспособность организма изменяется на протяжении рабочей смены. Различают *три основные фазы работоспособности*:

- фаза вработывания или нарастающей работоспособности; в зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека этот период длится от нескольких минут до 1,5 ч, а при умственном труде – до 2,5 ч;

- фаза высокой устойчивости работоспособности; продолжительность этой фазы может составлять 2–2,5 ч и более, в зависимости от тяжести и напряженности труда;

- фаза снижения работоспособности, сопровождающаяся чувством усталости.

Существенную роль в поддержании высокой работоспособности человека играет установление рационального режима труда и отдыха. Различают две формы чередования периодов труда и отдыха на производстве: введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов.

Высокая работоспособность организма поддерживается рациональным чередованием периодов работы, отдыха и сна. В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечает-

ся в утренние (с 8 до 12) и дневные (с 14 до 17) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в ночное время – с 3 до 4 ч. С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в т. ч. функциональная музыка.

Одним из наиболее важных элементов повышения эффективности трудовой деятельности человека является совершенствование умений и навыков в результате обучения.

2.5.4. Рациональная организация рабочего места

Проблемами приспособления производственной среды к возможностям человеческого организма занимается эргономика. *Эргономика* – это наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения физиологии и психологии в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов, наиболее соответствующих высокой производительности труда.

При конструировании машин должны быть предусмотрены меры по устранению лишних движений работающего, ликвидации наклонов туловища и переходов.

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также к снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на $10\div 15^\circ$; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе – прямая осанка.

Выбор рабочей позы зависит от мышечных усилий во время работы, точности и скорости движений, а также от характера выполняемой работы.

Работа стоя целесообразнее при необходимости постоянных передвижений, связанных с наладкой и настройкой оборудования. Однако при этом повышается нагрузка на мышцы нижних конечностей, увели-

чиваются энергозатраты. Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, т. к. уменьшается высота центра тяжести над площадью опоры, повышается устойчивость тела, снижается напряжение мышц. В положении сидя обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точности движения. Но в этом случае могут возникать застойные явления в органах таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания.

Смена позы приводит к перераспределению нагрузки на группы мышц, улучшению условий кровообращения, ограничивает монотонность. Поэтому, где это совместимо с технологией и условиями производства, необходимо предусматривать выполнение работы как стоя, так и сидя, с тем, чтобы рабочие по своему усмотрению могли изменять положение тела.

При организации производственного процесса следует учитывать антропометрические и психофизиологические особенности человека, его возможности в отношении величины усилий, темпа и ритма выполняемых операций, а также анатомо-физиологические различия между мужчинами и женщинами.

Размерные соотношения на рабочем месте при работе стоя строятся с учетом того, что рост мужчин и женщин в среднем отличается на 11,1 см, длина вытянутой в сторону руки – на 6,2 см, длина вытянутой вперед руки – на 5,7 см, длина ноги – на 6,6 см, высота глаз над уровнем пола – на 10,1 см. На рабочем месте в позе сидя различия в размерных соотношениях у мужчин и женщин выражаются в том, что в среднем длина тела мужчин на 9,8 см и высота глаз над сиденьем на 4,4 см больше, чем у женщин.

На формирование рабочей позы в положении сидя влияет высота рабочей поверхности, определяемая расстоянием от пола до горизонтальной поверхности, на которой совершаются трудовые движения. Оптимальная рабочая поза при работе сидя обеспечивается также конструкцией стула: размерами, формой, площадью и наклоном сиденья, регулировкой по высоте. Основные требования к размерам и конструкции рабочего стула в зависимости от вида выполняемых работ приведены в ГОСТ 12.2.032–78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 21889–76* «Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования».

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. При компоновке постов и пультов управления необходимо знать, что в горизонтальной плоскости зона обзора без поворота головы составляет 120° , с поворотом – 225° ; оптимальный

угол обзора по горизонтали без поворота головы – $30\div 40^\circ$ (допустимый – 60°), с поворотом – 130° . Допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130° , оптимальный – 30° вверх и 40° вниз.

Приборные панели следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям взора оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Наиболее важные органы управления следует располагать спереди и справа от оператора. Максимальные размеры зон досягаемости правой рукой – $70\div 110$ см. Глубина рабочей панели не должна превышать 80 см. Высота пульта, предназначенного для работы сидя и стоя, должна быть $75\div 85$ см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на $10\div 20^\circ$, наклон спинки кресла при положении сидя – $0\div 10^\circ$.

Для лучшего различия органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи. При группировке нескольких рычагов в одном месте необходимо, чтобы их рукоятки имели различную форму. Это позволяет оператору различать их на ощупь и переключать рычаги, не отрывая глаз от работы.

Применение ножного управления дает возможность уменьшить нагрузку на руки и таким образом снизить общую утомляемость оператора. Педали следует применять для включения, пуска и остановки при частоте этих операций не более 20 в минуту, когда требуется большая сила переключения и не слишком большая точность установки органа управления в новом положении.

Производственная среда, являясь предметным окружением человека, должна сочетать в себе рациональное архитектурное и планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические решения (микроклимат, освещение, вентиляция), научно обоснованную цветовую окраску и создание высокохудожественных интерьеров.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие основные законодательные документы рассматривают вопросы производственной безопасности?
2. Перечислите основные виды нормативно-технической документации.
3. Какие органы осуществляют государственный надзор за соблюдением законов, правил и норм по охране труда?
4. Кто несет ответственность за безопасность труда на предприятии?
5. Перечислите виды инструктажей по безопасности труда.
6. Что включает аттестация рабочих мест по условиям труда?
7. Назовите обязанности работодателя при несчастном случае на производстве.

8. Какие показатели используются для анализа производственного травматизма?
9. Какие виды ответственности предусмотрены за нарушение законодательства по безопасности жизнедеятельности?
10. Какие сведения содержатся в экологическом паспорте предприятия?

Тесты к главе 2

1. Кто исполняет функции государственного контроля и надзора за соблюдением требований безопасности?

- 1) руководитель предприятия;
- 2) специалист по охране труда предприятия;
- 3) профсоюзы;
- 4) федеральная инспекция труда и органы исполнительной власти.

2. На кого возлагаются обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации?

- 1) на главного инженера;
- 2) на инженера по охране труда;
- 3) на работодателя;
- 4) на начальника цеха.

3. Шифр № 12 в ГСС имеет система стандартов:

- 1) безопасность в чрезвычайных ситуациях;
- 2) система стандартов безопасности труда;
- 3) охрана природы.

4. Что включает в себя аттестация рабочих мест по условиям труда?

- 1) оценку травмобезопасности рабочих мест и учет обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- 2) гигиеническую оценку соответствующих условий и характера труда, оценку травмобезопасности и учет обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- 3) гигиеническую оценку соответствующих условий и характера труда.

5. Какова периодичность проведения аттестации рабочих мест по условиям труда?

- 1) не реже 1 раза в 3 года;
- 2) не реже 1 раза в 5 лет;
- 3) 1 раз в 10 лет;
- 4) 1 раз в 45 лет.

6. Какой документ оформляется при возникновении на производстве несчастного случая без летального исхода?

- 1) листок временной нетрудоспособности;
- 2) служебная записка;
- 3) акт по форме Н-1.

7. Какой инструктаж проводят при изменении правил по охране труда?

- 1) вводный; 2) первичный; 3) повторный;
4) внеплановый; 5) целевой.

8. Какой инструктаж проводят со всеми лицами, поступающими на предприятие с целью дать знания по правилам поведения на его территории?

- 1) вводный; 2) первичный; 3) повторный;
4) внеплановый; 5) целевой.

9. Какой инструктаж проводят перед выполнением работ, на которые требуется оформление наряд-допуска?

- 1) вводный; 2) первичный; 3) повторный;
4) внеплановый; 5) целевой.

10. Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве, который привел к потере работоспособности более одного дня или переводу на другое место работы, проводится комиссией в течение...

- 1) 1 дня; 2) 3 суток; 3) 15 дней; 4) 1 месяца.

3. Производственная санитария

3.1. Оздоровление воздушной среды

Производственные процессы могут сопровождаться выделением вредных газов, паров, пыли, избыточного тепла, вследствие чего воздух в помещении претерпевает некоторые изменения, которые могут вредно отражаться на здоровье человека. Необходимым условием здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в рабочей зоне помещения.

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Постоянное рабочее место – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более двух часов непрерывно).

В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами СП 2.2.1.1312–03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» объем производственного помещения на одного работающего зависит от тяжести выполняемой работы и должен составлять не менее 15 м³, площадь помещения на одного работающего – не менее 4,5 м², высота помещений – не менее 3,25 м.

3.1.1. Вредные вещества

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Вредные вещества проникают в организм человека главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей.

Наиболее часто вредные вещества попадают в организм человека через органы дыхания: носоглотку и легкие. Из легких яды всасываются в кровь и разносятся ею по всему организму. Разные химические продукты имеют различную способность проникновения в организм через органы дыхания. Это зависит в основном от растворимости отдельных веществ в воде, в тканевых жидкостях и средах организма. Аммиак хорошо растворим в воде, поэтому он задерживается на слизистых оболочках верхних дыхательных путей и вызывает их раздражение. Хлор малорастворим в воде, поэтому он не задерживается на слизистых оболочках дыхательных путей, проникает в легкие, сорбируется в них и вызывает их отек.

Многие токсичные вещества поступают в организм через кожу. Непосредственно через кожу могут проникать вещества, хорошо растворимые в жирах (углеводороды, металлоорганические соединения). Жидкости с большой летучестью быстро испаряются с поверхности кожи и не попадают в организм. Однако эти летучие вещества, если они входят в состав паст, мазей, клея, задерживаются длительное время на коже. Твердые вещества также всасываются через кожу. Опасны малолетучие вещества, такие как анилин и нитробензол.

В производственных условиях токсичные вещества через желудочно-кишечный тракт поступают сравнительно редко – в основном через грязные руки.

Действие вредных веществ определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, количество попавшего в организм вещества, сочетание вредных веществ), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества делятся на шесть групп:

1) **общетоксические** вещества, вызывающие отравление всего организма (оксид углерода, свинец, ртуть, бензол, мышьяк и его соединения и др.);

2) **раздражающие** вещества, вызывающие раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек (хлор, аммиак, диоксид серы, озон и др.);

3) **сенсibiliзирующие** вещества, действующие как аллергены (формальдегид, различные растворители и лаки на основе нитросоединений и др.);

4) **канцерогенные** вещества, вызывающие развитие раковых заболеваний (бензапирен, асбест, бериллий и его соединения и др.);

5) **мутагенные** вещества, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);

6) **вещества, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию** (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы и др.).

Пыль, образующаяся в процессах механической обработки хрупких материалов, транспортировки сыпучих материалов и др., попадая в организм человека, оказывает **фиброгенное действие**. Попадая в органы дыхания, пыль повреждает слизистую оболочку верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводит к развитию соединительной ткани и рубцеванию (фиброзу) легких. Поражающее действие пыли зависит от ее дисперсности, а также от химического состава вещества и

способа образования. Вредное действие пыли определяется также и другими ее свойствами: растворимостью, формой частиц, их твердостью, структурой, адсорбционными свойствами, электростатической зарядностью.

По **способу образования** различают пыли *дезинтеграции* и *конденсации*. Первые являются следствием производственных операций, связанных с разрушением или измельчением твердых материалов и транспортировкой сыпучих веществ. Второй путь – возникновение твердых частиц в воздухе вследствие охлаждения или конденсации паров металлов или неметаллов, выделяющихся при высокотемпературных процессах.

По **происхождению** различают пыль *органическую*, *неорганическую* и *смешанную*. Характер и выраженность вредного действия зависят от химического состава пыли, который главным образом определяется ее происхождением. Вдыхание пыли может вызвать поражение органов дыхания – бронхит, пневмокониоз, туберкулез, рак легких или развитие общих реакций (интоксикация, аллергия). Некоторые пыли обладают канцерогенными свойствами. Действие пыли проявляется в заболеваниях верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожных покровов.

По **дисперсности** различают пыль *видимую* (с размером частиц более 10 мкм), которая быстро оседает из воздуха, а при вдыхании задерживается в верхних дыхательных путях и удаляется при кашле, чихании, с мокротой; *микроскопическую* (0,25÷10 мкм), более устойчивую в воздухе, попадающую в альвеолы легких при вдыхании и действующую на легочную ткань; *ультрамикроскопическую* (менее 0,25 мкм), которая задерживается в легких до 60÷70 %, но ее роль в развитии пылевых поражений не является решающей, т. к. невелика ее общая масса.

При длительном вдыхании пыли с размером частиц менее 5 мкм возникают профессиональные заболевания пневмокониозы, а при вдыхании пыли с размером частиц более 5 мкм – бронхиты. Наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз, развивается при вдыхании пыли, содержащей диоксид кремния.

Гигиеническое нормирование воздуха рабочей зоны производственных помещений проводится в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Для воздуха рабочей зоны устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны – это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК выражается в миллиграммах (мг) вредного вещества, приходящегося на 1 кубический метр воздуха, т. е. мг/м³.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1) чрезвычайно опасные вещества, ПДК < 0,1 мг/м³ (бензапирен, озон, тетраэтилсвинец, плутоний);
- 2) высокоопасные вещества, 0,1 ≤ ПДК ≤ 1,0 мг/м³ (хлор, ДДТ);
- 3) умеренно опасные вещества, 1,0 < ПДК ≤ 10 мг/м³ (алюминий, марганец, нитраты, фосфаты);
- 4) малоопасные вещества, ПДК > 10 мг/м³ (монооксид углерода, ацетон, хлориды).

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленные ПДК.

При одновременном присутствии в воздушной среде нескольких вредных веществ одностороннего действия должно соблюдаться следующее условие:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих веществ в воздухе рабочей зоны.



Рис. 3.1. Газоанализатор переносной ИГ-9 для измерения концентрации метана и пропана (а), газоанализатор стационарный ЭССА для измерения содержания оксида углерода, метана, кислорода, сероводорода и аммиака в воздухе рабочей зоны (б), индикаторные трубки (в)

Примеры сочетания веществ однонаправленного действия: фтористый водород и соли фтористоводородной кислоты; формальдегид и соляная кислота; ароматические углеводороды (толуол и ксилол, бензол и толуол).

Определение концентрации вредных веществ, присутствующих в воздухе в виде паров или газов, может осуществляться различными методами, например, с использованием приборов-газоанализаторов и индикаторных трубок (рис. 3.1).

Мероприятия для снижения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны:

- исключение использования или замена вредных веществ менее вредными: например, перевод различных термических установок и печей с жидкого топлива, при сжигании которого образуется значительное количество вредных веществ, на более чистое – газообразное топливо, а еще лучше – использование электрического нагрева;
- рационализация технологических процессов, устраняющая образование вредных веществ;
- герметизация оборудования, которая исключает попадание различных вредных веществ в воздух рабочей зоны или значительно снижает в нем их концентрацию;
- механизация и автоматизация производственных процессов или переход к дистанционному управлению технологическим процессом;
- увлажнение обрабатываемых материалов предупреждает пыление, попадание частиц пыли в воздух рабочей зоны;
- использование вентиляции;
- применение средств индивидуальной защиты.

К основным индивидуальным средствам защиты относятся противогазы и респираторы, спецодежда, спецобувь, головные уборы, рукавицы, перчатки.

Средства защиты органов дыхания делятся на фильтрующие и изолирующие. В фильтрующих устройствах вдыхаемый человеком загрязненный воздух предварительно фильтруется, а в изолирующих – чистый воздух подается по специальным шлангам к органам дыхания человека от автономных источников. Фильтрующими приборами (респираторами и противогазами) пользуются при невысоком содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны (не более 0,5 % по объему) и при содержании кислорода в воздухе не менее 18 %. Изолирующие противогазы применяются в тех случаях, когда содержание кислорода в воздухе – менее 18 %, а содержание вредных веществ – более 2 %.

3.1.2. Производственный микроклимат и его влияние на организм человека

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата внутренней среды этих помещений, влияющего на тепловое состояние организма. Производственный микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей.

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся:

- температура (t , °C);
- относительная влажность (φ , %);
- скорость движения воздуха (v , м/с).

Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения (I , Вт/м²) различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении.

К метеорологическим факторам относят и атмосферное давление. При работе высоко в горах работники должны пройти адаптацию к низкому атмосферному давлению высокогорья (до 3 недель). Продолжительность дня при работе на высоте 2,3 км составляет 6 ч. Повышенное давление на рабочем месте может быть либо при работе в глубоких шахтах, либо в кессоне.

Параметры микроклимата в производственных помещениях контролируются различными контрольно-измерительными приборами.

Для измерения температуры воздуха в производственных помещениях применяют термометры – ртутные или спиртовые. Если требуется регистрация во времени, используют приборы, называемые термографами. Существуют и другие устройства для измерения температуры воздуха, например термопары.

Для измерения относительной влажности воздуха используются приборы, называемые психрометрами и гигрометрами. Простейший психрометр – это устройство, состоящее из сухого и влажного термометров. У влажного термометра резервуар обернут гигроскопической тканью, конец которой опущен в стаканчик с дистиллированной водой. Сухой термометр показывает температуру воздуха в производственном помещении, а влажный – более низкую температуру, т. к. испаряющаяся с поверхности влажной ткани вода отнимает тепло у резервуара термометра. Существуют специальные переводные психрометрические таблицы, позволяющие по температурам сухого и влажного термометров

определять относительную влажность воздуха в помещении. Для записи изменения влажности воздуха используют прибор – гигрограф.

Скорость движения воздуха в производственном помещении измеряется приборами – анемометрами. Работа анемометра основана на изменении скорости вращения специального колеса, оснащенного крыльями или чашечками. Ось колеса соединена со счетчиком оборотов. При изменении скорости воздушного потока изменяется и скорость вращения колеса, т.е. увеличивается (уменьшается) число оборотов за определенный промежуток времени. По этой информации можно определить скорость воздушного потока.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры его внутренних органов (~ 36,6 °С). Повышение температуры тела до 37 °С и выше называется перегревом, понижение температуры тела до 36 °С и ниже называется переохлаждением; и то и другое ведет к опасным для организма человека нарушениям жизненных функций. Способность организма человека к поддержанию постоянной температуры носит название *терморегуляции*. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом в процессе жизнедеятельности тепла в окружающее пространство.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется в результате теплопроводности через одежду (Q_T), конвекции из-за омывания тела воздухом (Q_K), излучения на окружающие поверхности ($Q_{И}$), испарения влаги с поверхности кожи ($Q_{ИСП}$), а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха (Q_B), т. е.

$$Q_{\text{общ}} = Q_T + Q_K + Q_{И} + Q_{\text{ИСП}} + Q_B.$$

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул или электронов), непосредственно соприкасающихся друг с другом. *Конвекцией* называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости. *Тепловое излучение* – это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волны, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела.

Представленное уравнение носит название уравнения теплового баланса. Вклад перечисленных путей передачи тепла зависит от степени физического напряжения человеческого организма и параметров микроклимата в производственном помещении и составляет от 85 Вт в состоянии покоя до 500 Вт при тяжелой физической работе.

Теплоотдача излучением (радиацией) и конвекцией происходит только в том случае, если температура воздуха и предметов ниже температуры тела. При температуре воздуха выше температуры тела теплоотдача идет в обратном направлении – от горячих поверхностей к человеку, а потери тепла происходят за счет выделения пота, на испарение 1 г которого затрачивается количество теплоты около 2,5 Дж. Испарение зависит от влажности воздуха и от скорости движения воздуха.

Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. *Низкая температура воздуха* может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. *Низкая влажность* вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

Подвижность воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах, но отрицательно – при низких.

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях ГОСТ 12.1.005–88 и СанПиН 2.2.4.584–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» устанавливают нормативные значения параметров микроклимата. Согласно ГОСТ 12.1.005–88 в рабочей зоне производственного помещения могут быть установлены оптимальные и допустимые показатели микроклимата.

Оптимальными микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимыми микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать переходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния его организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных воз-

возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону, а допустимые устанавливаются отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ, а также количество избыточного тепла в помещении.

Под временем года подразумевают два периода: холодный (со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже +10 °С) и теплый (с температурой +10 °С и выше).

Все выполняемые работы по степени физической тяжести и, следовательно, энергетическим затратам организма подразделяются на следующие категории:

- *легкая I а* – до 139 Вт (работа производится сидя, стоя, не требует физического напряжения);
- *легкая I б* – 140÷174 Вт (работа, связанная с ходьбой и не требующая систематического физического напряжения или поднятия и переноса тяжести);
- *средней тяжести II а* – 175÷232 Вт (работа, связанная с постоянной ходьбой, выполняемая постоянно стоя);
- *средней тяжести II б* – 233÷293 Вт (работа, связанная с переноской небольших тяжестей – до 10 кг);
- *тяжелая III* – более 293 Вт (работа связана с систематическим напряжением, а также с постоянными передвижениями и переноской тяжестей свыше 10 кг).

По количеству избыточного тепла все производственные помещения делятся на помещения с незначительными избытками явной теплоты ($Q_{ят} \leq 23,2$ Дж/м³с) и помещения со значительным избытком явной теплоты ($Q_{ят} > 23,2$ Дж/м³с). Явная теплота – это теплота, поступающая в производственное помещение от оборудования, отопительных приборов, людей и других источников воздействия на температуру воздуха в этом помещении.

В табл. 3.1 представлены оптимальные значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005–88.

Таблица 3.1

*Оптимальные нормы параметров микроклимата
в рабочей зоне производственного помещения*

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходный	Легкая Ia	22÷24	60÷40	0,1
	Легкая Ib	21÷23	60÷40	0,1
	Средней тяжести IIa	19÷21	60÷40	0,2
	Средней тяжести IIб	17÷19	60÷40	0,2
	Тяжелая III	16÷18	60÷40	0,3
Теплый	Легкая Ia	23÷25	60÷40	0,1
	Легкая Ib	22÷24	60÷40	0,1
	Средней тяжести IIa	20÷22	60÷40	0,2
	Средней тяжести IIб	19÷21	60÷40	0,2
	Тяжелая III	18÷20	60÷40	0,3

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие основные мероприятия:

- механизация и автоматизация технологических процессов – позволяют либо резко снизить трудовую нагрузку на работающих (массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза, расстояние перемещения груза, уменьшить переходы, обусловленные технологическим процессом и др.), либо вовсе убрать человека из производственной среды, переложив его трудовые обязанности на автоматизированные машины и оборудование;
- защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов, которые по принципу действия подразделяются на теплоотражающие (листовой алюминий, белая жемчужная краска), теплопоглощающие (асбестовые щиты, огнеупорный кирпич) и теплоотводящие (сварные или литые конструкции, охлаждаемые водой);
- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

Кроме того, большое значение имеет правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы или работы в горячих цехах. Для этих категорий работников устраивают специальные места отдыха в помещениях с нормальной температурой, оснащенных системой вентиляции и снабжения питьевой водой; предусмотрена спецодежда, спецобувь и др.

3.1.3. Производственная вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях. Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

В зависимости от способа перемещения воздуха различают вентиляцию естественную и искусственную (механическую).

Естественная вентиляция производственных помещений осуществляется за счет разности температур в помещении и наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор). Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной.

При неорганизованной естественной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего воздуха наружным холодным воздухом через окна, форточки, фрамуги и двери. Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией с помощью проемов в стенах и потолке или вентиляционных каналов в стенах. Для усиления вытяжки на выходе из каналов на крыше здания устанавливают дефлекторы – устройства, создающие тягу при обдувании их ветром.

Естественная вентиляция дешева и проста в эксплуатации.

Основной ее недостаток заключается в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева.

Естественная вентиляция применима там, где нет больших выделений вредных веществ в рабочую зону.

При **искусственной (механической) вентиляции** воздухообмен осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами. Воздух в зимнее время подогревается, в летнее – охлаждается и, кроме того, очищается от загрязнений (пыли, вредных паров, газов).

К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость ее сооружения и эксплуатации и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом.

В зависимости от направления воздуха механическая вентиляция бывает приточной, вытяжной, приточно-вытяжной, а по месту действия – общеобменной, местной и комбинированной.

Общеобменная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров воздушной среды во всем объеме помещения, когда вредные вещества, теплота, влага выделяются равномерно по всему помещению. Местная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров воздушной среды в определенной его части помеще-

ния. Местная вытяжная вентиляция позволяет значительно сократить воздухообмен в помещении. На производстве часто устраивают комбинированные системы вентиляции.

При *приточной системе* вентиляции производится забор воздуха извне с помощью вентилятора. Воздух нагревается и при необходимости увлажняется, а затем подается в помещение. Загрязненный воздух выходит через двери, окна, фонари и щели неочищенным.

При *вытяжной системе* вентиляции загрязненный и перегретый воздух удаляется из помещения с помощью вентилятора. Загрязненный воздух перед выбросом в атмосферу очищается. Чистый воздух подсасывается через окна, двери, неплотности конструкций.

Приточно-вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем – приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязненный.

Одна из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции, – определение воздухообмена, т. е. количества вентиляционного воздуха, необходимого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещений.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объема помещения, приходящегося на одного работающего. Согласно СП 2.2.1.1312–03 при наличии естественной вентиляции вентиляция должна обеспечивать воздухообмен не менее 30 м³/ч на каждого работающего для помещений с объемом до 20 м³ на одного человека, не менее 20 м³/ч – для помещений с объемом ≥ 20 м³ на одного человека. В случае отсутствия естественной вентиляции расход воздуха на одного работающего должен составлять не менее 60 м³/ч.

Расчет необходимого объема воздуха для помещений с тепловыделениями производится по избыткам явного тепла, для помещений с газовыделениями – по количеству выделяющихся вредных веществ (из условия обеспечения предельно допустимых концентраций).

Воздухообмен L , необходимый для удаления избыточного тепла, вычисляют по формуле

$$L = \frac{3600 \cdot Q_{\text{изб}}}{c\rho(t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}})},$$

где $Q_{\text{изб}}$ – избыточное количество тепла, Дж/с; $t_{\text{уд}}$ – температура удаляемого воздуха, К; $t_{\text{пр}}$ – температура приточного воздуха, К; c – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К); ρ – плотность воздуха при 293 К, кг/м³.

Необходимое количество воздуха, подаваемого в помещение для снижения содержания в нем вредных веществ до нормы, определяется из следующего соотношения:

$$L = \frac{G}{(q_v - q_{пр})},$$

где G – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, мг/ч; q_v и $q_{пр}$ – концентрации вредных веществ в вытяжном и приточном воздухе соответственно, мг/м³.

Для обеспечения безопасной концентрации вредного вещества в воздушных выбросах должно соблюдаться условие: $q_{уд} \leq \text{ПДК}$; для создания эффективной системы вентиляции: $q_{пр} \leq 0,3 \text{ ПДК}$ вредного вещества.

Кратность воздухообмена n показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении:

$$n = L/V, \text{ ч}^{-1},$$

где V – внутренний объем помещения, м³.

Для большинства помещений основных производств при нормальном ведении технологического процесса кратность воздухообмена n колеблется от 3 до 10. В отраслевых правилах и нормах техники безопасности и промышленной санитарии для проектирования, строительства и эксплуатации различных производств обычно приводятся значения рекомендуемых кратностей часового воздухообмена для различных цехов и производственных помещений.

Местная вентиляция бывает вытяжной и приточной. *Вытяжную вентиляцию* устраивают, когда загрязнения можно улавливать непосредственно у мест их возникновения. Для этого применяют вытяжные шкафы, зонты, бортовые отсосы у ванн, кожухи и т. д. К *приточной вентиляции* относятся воздушные души, завесы, оазисы.

Вытяжной шкаф представляет собой колпак большой емкости, внутри которого проводят работы с вредными веществами. Скорость движения воздуха, засасываемого в шкаф через рабочее отверстие, зависит от класса опасности вещества и составляет 0,5÷1,5 м/с.

Вытяжные зонты применяют для улавливания потоков вредных выделений с плотностью, которая меньше плотности окружающего воздуха, при незначительной его подвижности в помещении.

Бортовые отсосы, представляющие собой щелевидные воздухоотводы, применяют тогда, когда пространство над поверхностью выделения вредных веществ должно оставаться свободным, а выделения не нагреваются до такой степени, чтобы подниматься вверх.

Воздушное душирование применяют в горячих цехах на рабочих местах. Принцип действия этого устройства основан на обдуве работающего струей увлажненного воздушного потока, скорость которого составляет $1 \div 3,5$ м/с. При этом увеличивается теплоотдача от организма человека в окружающую среду.

В *воздушных оазисах*, представляющих собой часть производственного помещения, ограниченного со всех сторон переносными перегородками, создаются требуемые параметры микроклимата.

Для защиты людей от переохлаждения в холодное время года в дверных проемах устраивают *воздушные завесы*. Воздух поступает из узкой длинной щели под некоторым углом навстречу потоку холодного воздуха, изменяя его направление. Завеса может быть и воздушно-тепловой, если воздух перед подачей нагреть.

Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей. Специальные устройства для создания строго определенных параметров воздуха называются *кондиционерами*. Системы кондиционирования способны работать на охлаждение и обогрев, могут поддерживать чистоту воздуха в помещении благодаря наличию встроенных фильтров тонкой и грубой очистки, а также осушать воздух и осуществлять вентиляцию. Кондиционирование воздуха значительно дороже вентиляции, но обеспечивает наилучшие условия для жизнедеятельности человека.

Отопление – искусственное нагревание помещения в холодный период года для компенсации тепловых потерь и поддержания нормируемой температуры. В зависимости от теплоносителя системы отопления разделяются на водяные, паровые, воздушные и комбинированные. Применяют также электрическое отопление. В зависимости от расположения и устройства системы воздушного отопления бывают центральными и местными.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение рабочей зоны и рабочего места.
2. Приведите классификацию вредных веществ по характеру воздействия на организм.
3. Каким показателем определяется класс опасности вредного вещества?
4. В чем заключается фиброгенное действие пыли?

5. Назовите основные мероприятия, приводящие к снижению содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. Что такое терморегуляция?
7. Как влияют параметры микроклимата на самочувствие человека?
8. Назовите нормируемые параметры микроклимата для производственных помещений.
9. Как выбирают параметры микроклимата в производственном помещении?
10. Какие мероприятия используют для оздоровления воздушной среды в производственном помещении?

3.2. Производственное освещение

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Недостаточное освещение рабочего места затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и может явиться причиной несчастных случаев.

К световому излучению относятся электромагнитные колебания, спектр которых определяется длиной волны λ от нескольких микрометров (инфракрасные лучи) до сотых долей микрометра (ультрафиолетовые лучи). Видимая часть спектра лежит в пределах 380÷780 нанометров (нм). Для зеленого цвета $\lambda = 560\div 500$ нм, для желтого – 590÷560 нм. Максимальная чувствительность глаза при дневном освещении – при длине волны 555 нм.

3.2.1. Основные светотехнические характеристики

Световой поток Φ – это часть лучистого потока, воспринимаемая органами зрения человека как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм).

1 лм – световой поток, излучаемый с поверхности абсолютно черного тела $S = 0,5305 \text{ м}^2$ при температуре затвердевания платины. Например, карманный фонарик излучает световой поток 6÷10 лм, лампа накаливания Б-100 Вт – 1350 лм. Численно 1 лм = 1/683 светового ватта. Световой ватт – это мощность излучения в 1 Вт при $\lambda = 0,555$ мкм (желто-зеленый спектр), при которой чувствительность зрения максимальна.

Сила света I – пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника света и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла:

$$I = d\Phi/d\Omega.$$

Сила света измеряется в канделах (кд).

Освещенность E – поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, равномерно падающего на поверхность dS , к величине поверхности:

$$E = d\Phi/dS.$$

Освещенность измеряется в люксах (лк).

В ясный летний день освещенность поверхности земли – $80 \div 90$ тыс. лк, в пасмурный – 5 тыс. лк; освещенность поверхности снега в безлунную ночь – 0,0003 лк, полнолуние – 0,2 лк, солнечный полдень – 105 лк.

Яркость протяженного источника света L в данном направлении α определяется как отношение силы света dI , излучаемой поверхностью dS в этом направлении, к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению:

$$L = dI/dS \cos \alpha,$$

где α – угол между нормалью освещаемой поверхности и направлением светового потока от источника света.

Яркость измеряется в кд/м².

Яркость некоторых поверхностей: снег в безлунную ночь – 0,0005; в полнолуние – 5; освещенный прямым солнечным светом – 30000; ночное безлунное небо – 0,0001; белая бумага при освещенности $30 \div 50$ лк – $10 \div 15$, освещенная прямым солнечным светом – 22000; луна (полный диск) – 2500; пламя свечи – 5000; люминесцентная лампа – 7000 кд/м².

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать подающий на нее световой поток:

$$\rho = \Phi_{\text{отр}}/\Phi_{\text{пад}}.$$

где $\Phi_{\text{отр}}$ – отраженный от поверхности световой поток; $\Phi_{\text{пад}}$ – падающий на поверхность световой поток.

Фон – поверхность, на которой происходит различение объекта. Под объектом различения понимается минимальный элемент рассматриваемого предмета, который необходимо выделить для зрительной работы. Фон считается светлым, если коэффициент отражения $\rho > 0,4$. При $\rho = 0,2 \div 0,4$ фон считается средним, а при $\rho < 0,2$ – темным.

Контраст объекта с фоном K определяется из соотношения яркостей рассматриваемого объекта L_0 и фона $L_{\text{ф}}$:

$$K = (L_{\text{ф}} - L_0)/L_{\text{ф}}.$$

Контраст считается большим при $K > 0,5$; средним при $K = 0,2 \div 0,5$ и малым при $K < 0,2$.

Коэффициент пульсации освещенности K_E – показатель относительной глубины колебаний освещенности во времени в результате изменения светового потока:

$$K_E = 100 (E_{\max} - E_{\min}) / (2E_{\text{cp}}),$$

где E_{\max} , E_{\min} , E_{cp} – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп $K_E = 25 \div 65 \%$, для обычных ламп накаливания $K_E = 7 \%$, для галогенных ламп накаливания $K_E = 1 \%$.

3.2.2. Системы производственного освещения

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

Естественное освещение имеет наиболее благоприятный для глаз человека спектральный состав, но крайне неравномерную освещенность во времени и пространстве, зависящую от погодных условий и других факторов. По конструктивному исполнению естественное освещение может быть *боковым*, осуществляемым через оконные проемы; *верхним*, когда свет проникает в помещение через фонари, световые проемы в перекрытиях; *комбинированным*, когда к верхнему освещению добавляется боковое.

Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим. По конструктивному исполнению оно может быть общим, местным и комбинированным. *Общее освещение* предназначено для освещения всего производственного помещения. Оно подразделяется на общее равномерное и общее локализованное (например, вдоль сборочного конвейера). *Местное освещение* при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют *комбинированным*. Применение одного местного освещения в производственных помещениях не допускается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами приводит к зрительному напряжению, замедляет скорость работы и может стать причиной несчастных случаев.

Совмещенное освещение представляет собой совокупность естественного и искусственного освещения.

По функциональному назначению различают следующие виды искусственного освещения: рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения. Аварийное освещение в соответствии с СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» подразделяется на *эвакуационное* и *резервное*.

Эвакуационное освещение – это вид аварийного освещения для эвакуации людей или завершения потенциально опасного процесса. Для путей эвакуации шириной до 2 м горизонтальная освещенность на полу вдоль центральной линии прохода должна быть не менее 1 лк, при этом полоса шириной не менее 50 % ширины прохода, симметрично расположенная относительно центральной линии, должна иметь освещенность не менее 0,5 лк. Продолжительность работы освещения путей эвакуации должна быть не менее 1 ч.

Резервное освещение – это вид аварийного освещения для продолжения работы в случае отключения рабочего освещения. Резервное освещение предусматривается, если по условиям технологического процесса или ситуации требуется нормальное продолжение работы при нарушении питания рабочего освещения, а также если связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать гибель, травмирование или отравление людей; взрыв, пожар, длительное нарушение технологического процесса; утечку токсических и радиоактивных веществ в окружающую среду; нарушение работы электрических станций, узлов радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерских пунктов, насосных установок водоснабжения, канализации и теплофикации, установок вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ, и т. п. Освещенность от резервного освещения должна составлять не менее 30 % нормируемой освещенности для общего рабочего освещения.

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

Дежурное освещение – освещение в нерабочее время. Область применения, величины освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

К системам производственного освещения предъявляются следующие **основные требования**:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы;

- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающей ослепленность);
- постоянство освещенности во времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

3.2.3. Нормирование естественного и искусственного освещения

Нормирование освещения производится в соответствии с СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». Нормы освещенности принимаются в зависимости от характера зрительной работы (наименьший размер объекта различения), системы и вида освещения, характеристики фона, контраста объекта с фоном. Все виды работ, связанные со зрительным напряжением, в зависимости от размера объекта различения делятся на восемь разрядов, которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

На территории РФ в ясный день полуденная освещенность колеблется от 4 тыс. лк (в декабре) до 30 тыс. лк (в июне). Поэтому естественное освещение помещений нельзя характеризовать абсолютной величиной освещенности. Естественное освещение нормируется с помощью коэффициента естественной освещенности КЕО, который представляет собой отношение освещенностей в заданной точке внутри помещения $E_{вн}$ и снаружи $E_{н}$, одновременно измеренных (в %):

$$КЕО = (E_{вн}/E_{н})100 \%$$

КЕО зависит от разряда работ, конструктивного исполнения (верхнее, боковое или комбинированное), величина КЕО лежит в пределах 0,1÷6 %.

В случае искусственного освещения нормируется величина освещенности рабочей поверхности E .

3.2.4. Источники света и светильники

Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы (люминесцентные лампы, дуговые ртутные лампы и др.) и лампы накаливания.

Лампы накаливания относятся к источникам теплового излучения. Удобство в эксплуатации, простота изготовления делают эти лампы пока еще очень распространенными. Эти источники света рекомендуется применять в помещениях, где производятся относительно грубые работы, а также для местного освещения. Основные недостатки ламп накаливания – небольшой срок службы (~ 2,5 тыс. ч), низкая световая отдача, преобладание излучения в желто-красной части спектра, что искажает цветовое восприятие.

Применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничивается ФЗ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». С 1 января 2011 г. на территории РФ не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более. Запрет на применение ламп накаливания общего назначения меньшей мощности будет поэтапно вводиться постановлениями Правительства РФ.

Для освещения производственных помещений широко применяются **люминесцентные лампы**. Они обладают повышенной световой отдачей, большим сроком службы (до 10 тыс. ч). Спектр их излучения близок к спектру естественного света.

Существенным недостатком люминесцентных ламп является пульсация светового потока. При рассмотрении быстро движущихся предметов возникает стробоскопический эффект, который проявляется в искажении зрительного восприятия объектов (вместо одного предмета видны изображения нескольких, искажаются направление и скорость движения). Это явление ведет к увеличению опасности производственного травматизма. Для стабилизации светового потока необходимо использовать дополнительную аппаратуру.

Газоразрядные лампы высокого давления (дуговые ртутные лампы – ДРЛ, дуговые ртутные с йодидами – ДРИ, дуговые ксеноновые трубчатые – ЛКСТ, дуговые натриевые трубчатые – ДНаТ) применяются в условиях, когда требуется высокая световая отдача при компактности источника света и стойкости к условиям внешней среды, и используются для освещения территорий предприятий или цехов с большой высотой.

Совокупность источника света и осветительной арматуры называется **светильником**. Осветительная арматура предназначена для перераспределения светового потока лампы, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника от механических повреждений и воздействия окружающей среды.

Основные характеристики светильников:

- коэффициент полезного действия – отношение фактического светового потока светильника $\Phi_{\text{ф}}$ к световому потоку помещенной в него лампы $\Phi_{\text{л}}$;
- защитный угол α – угол между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя. Имеет большое значение для ограничения слепящего действия источника света (рис. 3.2);
- распределение светового потока.

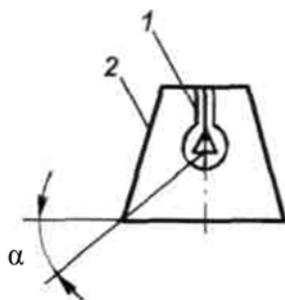


Рис. 3.2. Защитный угол светильника:
1 – источник; 2 – светильник

По конструктивному исполнению светильники делятся на открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные.

По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Основные виды светильников по распределению светового потока

Расчёт общего равномерного искусственного освещения проводится методом коэффициента светового потока, учитывающего световой поток, отражённый от потолка и стен. При этом размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами: высотой помещения, расстоянием светильников от перекрытия (свесом), высотой светильника над полом, расчётной высотой (высотой светильника

над рабочей поверхностью), расстоянием между соседними светильниками или их рядами, расстоянием от крайних светильников или их рядов до стен.

Световой поток лампы или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость по СП 52.13330.2011, лк; S – площадь освещаемого помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, наличие в атмосфере цеха дыма, пыли; Z – коэффициент неравномерности освещения; n – число светильников; η – коэффициент использования светового потока.

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, можно выбрать ближайшую стандартную лампу и определить электрическую мощность всей осветительной системы.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите основные светотехнические характеристики и единицы их измерения.
2. Каким бывает по конструктивному исполнению искусственное освещение? Почему запрещается применять одно местное освещение?
3. Какие виды производственного освещения по функциональному назначению вы знаете?
4. Как нормируется производственное освещение?
5. Что такое КЕО?
6. Какие нормативные документы нормируют освещённость?
7. Какие основные требования предъявляются к системам производственного освещения?
8. Назовите виды источников света, используемых для искусственного освещения. Каковы их преимущества и недостатки?
9. В чем состоит основное назначение осветительной арматуры?
10. Как осуществляется расчет искусственного освещения?

3.3. Виброакустические вредные факторы

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. Кроме шумового и вибрационного воздействия, вредное влияние на человека в процессе труда могут оказывать инфразвуковые и ультразвуковые колебания.

3.3.1. Производственный шум

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний (тугоухость) и может явиться причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16÷20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм.

Основные характеристики шума и классификация

При звуковых колебаниях частиц среды в ней возникает переменное давление P , которое называют **звуковым давлением**. Распространение звуковых волн сопровождается переносом энергии, величина которой определяется интенсивностью звука. **Интенсивность звука I** – это количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны:

$$I = \frac{P^2}{\rho c},$$

где I – интенсивность звука, Вт/м²; P – звуковое давление, Па; ρ – плотность среды, кг/м³; c – скорость звука в среде, м/с.

Минимальное звуковое давление P_0 и минимальная интенсивность звука I_0 , различаемые ухом человека, называются **порогом слышимости**. Пороговые значения зависят от частоты звука. При частоте $f=1000$ Гц порогу слышимости соответствуют значения $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Наибольшая интенсивность звука и давление, воспринимаемые на слух, создающие ощущение боли, – **болевой порог**. При частоте 1000 Гц $P_{\text{бп}} = 2 \cdot 10^2$ Па, $I_{\text{бп}} = 10^2$ Вт/м².

Между порогом слышимости и болевым порогом лежит **область слышимости**.

Величина звукового давления и интенсивности звука могут изменяться в широких пределах. Поэтому для оценки шума используют не абсолютные значения интенсивности и звукового давления, а относи-

тельные их уровни в логарифмических единицах, взятые по отношению к пороговым P_0 и I_0 , измеряемые в децибелах (дБ).

Уровень интенсивности звука определяется по формуле

$$L_I = 10 \lg (I/I_0),$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²; I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости (10^{-12} Вт/м² при $f = 1000$ Гц).

Уровень звукового давления определяется по формуле

$$L_P = 20 \lg (P/P_0),$$

где P – звуковое давление в данной точке, Па; P_0 – пороговое звуковое давление, $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Диапазон слухового восприятия человека составляет 140 дБ. Работа металлорежущих станков сопровождается уровнем шума в 80÷95 дБ, речь средней громкости – 60 дБ. Уровень интенсивности в 150 дБ непереносим для человека; 180 дБ вызывает усталость металла; 190 дБ вызывает заклепки из стальных конструкций.

По частоте шумы подразделяются на низкочастотные (меньше 400 Гц), среднечастотные (400÷1000 Гц) и высокочастотные (свыше 1000 Гц).

Для определения частотной характеристики шума звуковой диапазон по частоте разбивают на **октавные полосы частот**, где верхняя граничная частота $f_{\text{в}}$ равна удвоенной нижней частоте $f_{\text{н}}$, т. е. $f_{\text{в}} / f_{\text{н}} = 2$. Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой $f_{\text{ср}} = (f_{\text{н}} \cdot f_{\text{в}})^{1/2}$.

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

По временным характеристикам шум подразделяется на постоянный и непостоянный (колеблющийся во времени, прерывистый, импульсный). Постоянным считается шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА, непостоянным – более чем на 5 дБА.

Для измерения шума используют приборы, называемые шумомерами (рис. 3.4), которые снабжены корректирующими фильтрами с частотными характеристиками А, В, С, Д. Частотные характеристики фильтров соответствуют кривым равной громкости при различных интенсивностях звука.

Характеристика А шумомера хорошо имитирует частотную чувствительность человеческого уха (1000 Гц) и измеряется в дБА.



Рис. 3.4. Шумомер ВШВ-003

Нормирование шума

Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003–83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий».

Шум на рабочих местах нормируется двумя методами.

1. По предельному спектру шума. Этот метод является основным для постоянных шумов. При этом нормируются уровни звуковых давлений (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Нормирование ведется для различных рабочих мест (табл. 3.2).

2. Нормирование уровня звука в дБА (в децибелах по шкале «А» шумомера). Используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума. Нормативными документами устанавливаются предельно допустимые уровни звука для постоянного шума и эквивалентные уровни звука для непостоянного шума.

ГОСТ 12.1.003–83* устанавливает классификацию шумов, допустимые уровни шума на рабочих местах, общие требования к шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования и к защите от шума. Например, уровни звука и эквивалентные уровни звука не должны превышать:

- в помещениях конструкторских бюро, лабораторий для теоретических работ и программирования – 50 дБА;
- в помещениях управления, рабочих комнатах – 60 дБА;
- в кабинетах наблюдений и дистанционного управления:
 - а) без речевой связи по телефону – 70 дБА;
 - б) с речевой связью по телефону – 65 дБА;

- в помещениях точной сборки, машинописных бюро – 65 дБА;
- в помещениях лабораторий для проведения экспериментальных работ – 75 дБА;
- на постоянных рабочих местах и в рабочих зонах производственных помещений – 80 дБА.

Таблица 3.2

Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на некоторых рабочих местах

№	Вид трудовой деятельности	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, научная деятельность, программирование, преподавание, обучение	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Измерительные и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	68	58	53	52	50	49	60

Методы снижения шума

Для снижения шума в производственных помещениях применяют следующие основные мероприятия:

1. Уменьшение уровня шума в источнике его возникновения:
 - повышение точности изготовления машин;
 - замена ударных процессов на безударные, например, штамповку – на прессование, механизмов возвратно-поступательного движения на вращательное;
 - повышение качества балансировки вращающихся деталей, улучшение смазки трущихся поверхностей;
 - использование незвуковых материалов, например пластмассы.

2. Звукопоглощение – звуковая энергия переходит в теплоту за счет потерь на трение в порах материала (звукопоглощающая облицовка поверхностей помещения резиной, войлоком и др.).

3. Звукоизоляция – звуковая энергия отражается от ограждений, лишь часть ее проходит через ограждение (установка звукоизолирующих ограждений, кабин, кожухов, акустических экранов).

4. Установка глушителей шума – устройств для снижения аэродинамического шума (от перехода энергии газовой струи в аэродинамическую энергию) на пути его распространения, которые содержат звукопоглощающий материал либо отражают шум обратно к источнику.

5. Рациональное размещение оборудования.

6. Применение средств индивидуальной защиты (противошумные наушники, шлемы, вкладыши типа «беруши»).

3.3.2. Ультразвук

Ультразвуковая техника широко применяется в различных отраслях народного хозяйства для целей активного воздействия на вещество (пайка, сварка, лужение и т. д.), структурного анализа и контроля физико-механических свойств материалов (дефектоскопия), в медицине – для диагностики и терапии различных заболеваний и т. д. Вредное воздействие ультразвука на организм человека выражается в нарушении деятельности нервной системы, снижении болевой и слуховой чувствительности, изменении сосудистого давления, а также состава и свойств крови.

Ультразвуковой диапазон частот делится на два поддиапазона – низкочастотный (11,2÷100 кГц) и высокочастотный (100 кГц÷1000 МГц). Низкочастотные ультразвуковые колебания распространяются воздушным и контактным путем, а высокочастотные – только контактным путем. Контактный путь передачи ультразвука наиболее опасен для организма человека.

Гигиенические нормативы ультразвука определены ГОСТ 12.1.001–89 «ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности» и ГН 2.2.4/2.1.8.582–96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения». Гигиенической характеристикой воздушного ультразвука на рабочих местах являются уровни звукового давления (дБ) в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5÷100 кГц. Характеристикой контактного ультразвука является пиковое значение виброскорости или его логарифмический уровень. Допустимые уровни ультразвука в зонах контакта рук и других частей тела оператора с рабочими органами приборов и установок не должны превышать 110 дБ. Нормируется и суммарное время воздействия ультразвука на работающих.

Для снижения или исключения вредного воздействия ультразвука рекомендуются следующие мероприятия:

- дистанционное управление ультразвуковыми установками и их автоматизация;
- размещение установок в специальных помещениях;
- использование звукоизолирующих кожухов или экранов;
- использование средств индивидуальной защиты (специальный инструмент с изолированными ручками, резиновые перчатки).

3.3.3. Инфразвук

Инфразвук – это область акустических колебаний с частотой до 20 Гц. Источниками инфразвука в промышленности являются компрессоры, дизельные двигатели, вентиляторы, реактивные двигатели, все медленно вращающиеся машины и механизмы. При воздействии инфразвука на организм человека могут возникать нарушения в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном аппарате. Особенно неблагоприятно воздействие на организм инфразвуковых колебаний с частотой 4÷12 Гц.

Гигиеническая регламентация инфразвука производится по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки», которые задают предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах для различных видов работ, а также в жилых и в общественных помещениях и на территории жилой застройки. В соответствии с этим документом уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц должны быть не более 105 дБ, а для полос с частотой 32 Гц – не более 102 дБ.

Наиболее эффективным способом защиты от инфразвука является борьба с инфразвуком в источнике его возникновения. К этому способу защиты относятся:

- увеличение частот вращения валов до 20 Гц и более;
- повышение жесткости колеблющихся конструкций больших размеров;
- устранение низкочастотных вибраций;
- конструктивные изменения источников, позволяющие из области инфразвуковых колебаний перейти в область звукового колебания, допускающую применение известных методов звукоизоляции и звукопоглощения.

3.3.4. Вибрация

Вибрация представляет собой колебательные движения упругих тел, конструкций, сооружений около положения равновесия. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов (перфораторы, электродрели, ручные шлифовальные машины, вентиляторы, зубчатые передатчики, подшипники и т. д.).

Виды вибрации и основные характеристики

Вибрация *по способу передачи* телу человека подразделяется на общую и локальную. **Общая вибрация** действует на весь организм человека через опорные поверхности – сиденье или пол. **Локальная вибрация** оказывает воздействие на отдельные части тела (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца) через руки человека.

При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушения сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности, изменения в вестибулярном аппарате.

Локальная вибрация, возникающая главным образом при работе с ручным механизированным инструментом, вызывает спазмы периферических сосудов, различные нервно-мышечные и кожно-суставные нарушения.

Длительное воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию – вибрационной болезни. Особенно вредными являются колебания с частотой $6 \div 9$ Гц, резонансной с частотой колебаний отдельных органов человека.

По направлению действия вибрацию подразделяют в соответствии с направлением ортогональной системы координат (рис. 3.5).

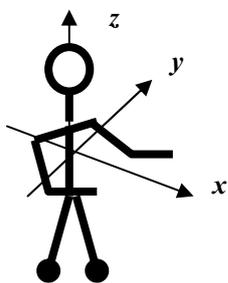


Рис. 3.5. Направление координатных осей при действии вибрации на человека

В зависимости от источника возникновения выделяют три категории вибрации:

- транспортную, воздействующую на операторов подвижных самоходных и прицепных машин (тракторы, автомобили);

- транспортно-технологическую, воздействующую на операторов машин с ограниченной скоростью перемещения (экскаваторы, бетоноукладчики);

- технологическую, воздействующую на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации (станки, насосные агрегаты, вентиляторы).

Основными характеристиками производственной вибрации являются амплитуда колебаний, частота, скорость и ускорение.

Частота колебаний f – это количество полных колебаний за единицу времени (Гц):

$$f = 1/T,$$

где T – период колебаний, с.

Амплитуда колебаний – наибольшее смещение колеблющейся точки от нейтрального положения (мм).

Скорость вибрации – это первая производная смещения во времени, м/с:

$$V = 2\pi fA,$$

где f – частота вибрации, Гц; A – амплитуда вибрации, м.

Ускорение вибрации – это вторая производная смещения во времени, измеряется по формуле, м/с²:

$$a = 4\pi^2 f^2 A.$$

Значения виброскорости и виброускорения для различных источников изменяются в очень широких пределах, поэтому, как и для шума, удобнее пользоваться логарифмическими характеристиками.

Логарифмические уровни виброскорости L_V и виброускорения L_a , дБ:

$$L_V = 20 \lg V/V_0, \quad L_a = 20 \lg a/a_0,$$

где V_0 , a_0 – действующие эффективные значения скорости и ускорения: $V_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ мм/с, $a_0 = 0,3$ мм/с².

Нормирование вибрации

Вибрацию нормируют в соответствии с ГОСТ 12.1.012–90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Нормируемыми параметрами вибрации являются среднеквадратичные значения виброскорости (м/с) для каждого установленного направления, а также их логарифмические уровни в дБ в октавных полосах частот. Для общей вибрации – в октавных полосах со среднегеометриче-

скими частотами: 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, для локальной вибрации – в октавных полосах 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Регламентируется также продолжительность воздействия локальной и общей вибрации в зависимости от степени превышения ее параметров над нормативными значениями.

Методы защиты от вибраций

1. Снижение вибрации в источнике ее возникновения.

Чтобы *снизить вибрацию в источнике ее возникновения*, необходимо уменьшить действующие в системе переменные силы. Для этого проводятся следующие мероприятия:

- замена динамических технологических процессов статическими (ковку и штамповку – прессованием);
- тщательный выбор режима работы оборудования;
- тщательная балансировка вращающихся механизмов.

2. Уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Для *снижения вибрации по пути ее распространения* широко используются следующие методы:

- вибродемпфирование, под которым понимают превращение энергии механических колебаний в тепловую (специальные материалы: сплавы Cu-Ni, Ni-Ti, пластмасса, дерево, резина);
- виброгашение, т. е. установка вибрирующих машин на виброгасящие фундаменты;
- виброизоляция – применение амортизаторов, пружинных опор, упругих прокладок из резины или натуральной пробки;
- средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты рук от вибраций относятся специальные рукавицы, перчатки с прокладкой на ладонной поверхности. Для защиты ног используют виброзащитную обувь, снабженную прокладками из упруго-демпфирующих материалов (пластмасс, резины, войлока).

Важными для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека являются правильная организация труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение, лечебно-профилактические мероприятия.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какими параметрами характеризуется шум? Назовите единицы измерения этих параметров.
2. Какое воздействие оказывает шум на организм человека?
3. Как осуществляется нормирование шума?

4. Опишите основные методы снижения шума на производстве.
5. Что такое ультразвук, назовите источники его возникновения и меры защиты?
6. Что такое инфразвук, назовите источники его возникновения и меры защиты?
7. Что такое вибрация? Укажите виды вибрации.
8. Какими параметрами оценивается вибрация?
9. В чем заключается нормирование вибрации?
10. Перечислите мероприятия, направленные на снижение общей вибрации.

3.4. Защита от электромагнитных излучений

Спектр электромагнитного излучения природного и техногенного происхождения, оказывающий влияние на человека как в условиях быта, так и в производственных условиях, имеет диапазон по частоте до 10^{21} Гц. Характер воздействия на человека электромагнитного излучения в разных диапазонах различен. В зависимости от диапазона длин волн различают:

- электромагнитное излучение радиочастот;
- инфракрасное излучение;
- видимый свет;
- ультрафиолетовое излучение;
- рентгеновское излучение;
- гамма-излучение.

3.4.1. Электромагнитное поле радиочастот

Характеристика электромагнитных полей радиочастот и воздействие на человека

Электромагнитное поле (ЭМП) радиочастот характеризуется рядом свойств, благодаря которым ЭМП радиочастот широко используется в промышленности, науке, технике, медицине, быту: способностью нагревать материалы, распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела двух сред, взаимодействовать с веществом. Основными источниками ЭМП радиочастот являются телевизионные и радиолокационные станции, антенны радиосвязи, термические цеха и участки, компьютеры, бытовые приборы.

ЭМП радиочастот подразделяется на ряд диапазонов:

- поля высокой частоты (ВЧ) с частотами от 30 кГц до 30 МГц и длинами волн от 10^4 м до 10 м;

- поля ультравысоких частот (УВЧ) с частотами от 30 МГц до 300 МГц и длинами волн от 10 м до 1 м;
- поля сверхвысоких частот (СВЧ) с частотами от 300 МГц до 300 ГГц и длинами волн от 1 м до 10^{-3} м.

Характеристиками ЭМП являются:

- частота f (Гц);
- напряженность электрического поля E (В/м);
- напряженность магнитного поля H (А/м);
- плотность потока энергии I (Вт/м²).

Область распространения электромагнитной волны от источника условно делят на три зоны.

Зона индукции имеет радиус R , равный

$$R = \lambda/2\pi,$$

где λ – длина волны электромагнитного излучения.

В этой зоне электромагнитная волна не сформирована, и поэтому на человека действует напряженность электрического и магнитного полей независимо друг от друга.

Зона интерференции (промежуточная) имеет радиус, определяемый по формуле

$$\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda.$$

В этой зоне на человека одновременно воздействуют напряженность электрического, магнитного поля, а также плотность потока энергии.

Дальняя зона характеризуется тем, что является зоной сформированной электромагнитной волны. В этой зоне на человека воздействует только энергетическая составляющая ЭМП – плотность потока энергии. Дальняя зона имеет радиус

$$R \geq 2\pi\lambda.$$

Влияние ЭМП на организм зависит от таких физических параметров как:

- длина волны;
- интенсивность;
- режим облучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный);
- продолжительность воздействия;
- площадь облучаемой поверхности.

Биологическое действие ЭМП радиочастот характеризуется тепловым действием и нетепловым эффектом. Под **тепловым действием** понимается интегральное повышение температуры тела или отдельных

его частей при общем или локальном облучении. **Нетепловой эффект** связан с переходом электромагнитной энергии в объекте в нетепловую форму энергии (молекулярное резонансное истощение, фитохимическая реакция и др.). При длительном воздействии ЭМП возникает расстройство центральной нервной системы, происходят сдвиги эндокринно-обменных процессов, изменения состава крови. Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте). Наибольшей биологической активностью обладает диапазон СВЧ в сравнении с УВЧ и ВЧ.

Нормирование электромагнитных полей радиочастот

Нормирование электромагнитного излучения радиочастотного диапазона проводится по ГОСТ 12.1.006–84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности» и СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона».

ЭМП радиочастот в диапазоне частот **30 кГц – 300 МГц** оценивается следующими показателями: предельно допустимая напряженность электрического и магнитного полей и предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день.

Энергетическая нагрузка ЭН_E , создаваемая электрическим полем, равна

$$\text{ЭН}_E = E^2 T,$$

где T – время воздействия, ч.

Энергетическая нагрузка ЭН_H , создаваемая магнитным полем, равна

$$\text{ЭН}_H = H^2 T.$$

Максимальные значения энергетической нагрузки электрического поля составляют $20000 \text{ В}^2 \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, а магнитного поля $200 \text{ А}^2 \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Максимальные напряженности электрического и магнитного полей соответственно равны $E_{\text{ПД}} = 500 \text{ В}/\text{м}$, $H_{\text{ПД}} = 50 \text{ А}/\text{м}$.

В диапазоне частот **300 МГц – 300 ГГц** ЭМП радиочастот оценивается плотностью потока энергии и предельно допустимой энергетической нагрузкой.

Энергетическая нагрузка представляет собой произведение плотности потока энергии поля ППЭ на время его воздействия T :

$$\text{ЭН}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T.$$

Предельно допустимое значение плотности потока энергии не должно превышать $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Предельно допустимая энергетическая нагрузка равна $2 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Методы защиты от электромагнитных полей радиочастот

К основным методам защиты персонала от ЭМП радиочастот относятся следующие:

- выбор рациональных режимов работы оборудования: ограничение места и времени нахождения работающих в ЭМП, уменьшение мощности источника излучений;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования;
- защита расстоянием, т. е. удаление рабочего места от источника электромагнитных излучений;
- экранирование рабочего места или источника излучения: отражающие экраны (листы или сетки из алюминия, меди, стали) и поглощающие экраны (эластичных или жестких пенопластов, резина, поролон, древесина, графит). Экраны должны быть заземлены для обеспечения стекания в землю образующихся на них зарядов.
- применение средств индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, и защитные очки).

Для предупреждения ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работника, связанных с воздействием ЭМП радиочастот, осуществляются лечебно-профилактические мероприятия, включающие предварительные и периодические медицинские осмотры.

3.4.2. Электромагнитные поля промышленной частоты

К источникам ЭМП промышленной частоты (50 Гц) относятся линии электропередач напряжением до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, коммутационные аппараты, измерительные приборы. Длительное действие таких полей приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, боли в области сердца.

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощаемой телом человека, с учетом электрической и магнитной напряженности поля. Согласно СанПиН 2.2.4.723–98 «Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях» предельно допустимый уровень напряженности магнитного поля на рабочем месте устанавливается в зависимости от времени пребывания и составляет 80 А/м для условий общего воздействия (на все тело) за 8 ч. Практически при обслуживании даже мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность значительно меньше опасной. Напряженность магнитного поля ЛЭП напряжением до 750 кВ/м обычно не превышает 20÷25 А/м, что не представляет опасности, по-

этому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.002–84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах». Стандарт устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м. Допустимое время пребывания (ч) в электрическом поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м включительно вычисляется по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где E – напряженность воздействующего электрического поля в контролирующей зоне, кВ/м.

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 мин. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля устанавливается равным 25 кВ/м. Пребывание в электрическом поле напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

К средствам защиты от электрического поля промышленной частоты относятся:

- стационарные и переносные заземленные экранирующие устройства (козырьки, навесы, щиты или перегородки из металлических канатов, прутков, сеток);
- средства индивидуальной защиты (защитный костюм, комбинезон, экранирующий головной убор, специальная обувь); составные элементы индивидуального комплекта объединяются в единую электрическую цепь и через обувь или с помощью специального проводника со струбциной обеспечивают качественное заземление.

Для работающих предусмотрены предварительные и периодические медицинские осмотры.

3.4.3. Лазерное излучение

Лазерное излучение представляет собой особый вид электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1÷1000 мкм и характеризующегося когерентностью, высокой степенью направленности и большой плотностью энергии. Лазерное излучение формируется

в оптических квантовых генераторах, или лазерах. Лазеры широко используются в различных областях науки и техники (сварка, резка, исследование внутренней структуры вещества и др.), в системах связи для передачи сигналов и т. д. Расширение сферы их использования способствует расширению контингента лиц, подвергающихся воздействию лазерного излучения, и выдвигает необходимость профилактики негативного действия этого фактора.

Действие лазера на организм зависит от следующих параметров:

- энергетических параметров излучения;
- длины волны;
- длительности импульса;
- частоты следования импульсов;
- времени облучения;
- площади облучаемой поверхности,
- биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Различают первичные и вторичные биологические эффекты, возникающие под действием лазерного излучения. Первичные изменения происходят в тканях человека непосредственно под действием излучения (ожоги, кровоизлияния и т. д.), а вторичные (побочные явления) вызываются различными нарушениями в человеческом организме, развивающимися вследствие облучения. В частности, развиваются изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной системах.

Наиболее чувствителен к воздействию лазерного излучения глаз человека. Степень повреждения глаза может изменяться от слабых ожогов сетчатки до полной потери зрения.

Помимо лазерного излучения, возникают также и другие виды опасностей, связанных с эксплуатацией лазеров. Это – вредные химические вещества, шум, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и др.

По степени опасности лазерного излучения лазеры подразделяются на четыре класса:

- класс I (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз и кожи;
- класс II (малоопасные) – опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;
- класс III (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи прямое или зеркально отраженное излучение;

- класс IV (высокоопасные) – опасно для глаз и кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Нормирование лазерного излучения производят в соответствии с СанПиН 5804–91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров». Данный документ позволяет определять предельно допустимый уровень лазерного излучения для каждого режима работы, участка оптического диапазона по специальным формулам и таблицам. Нормируется и энергетическая экспозиция облучаемых тканей.

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного, санитарно-гигиенического характера. При использовании лазеров II–III классов необходимо ограждать лазерную зону или экранировать пучок излучения. Лазеры IV класса опасности размещаются в отдельных изолированных помещениях и обеспечиваются дистанционным управлением их работой. Работающие с лазерами обеспечиваются средствами индивидуальной защиты (специальные очки со светофильтрами, поглощающими излучение определенной длины волны, маски, хлопчатобумажные перчатки, халаты) и подлежат периодическим медицинским осмотрам.

3.4.4. Инфракрасное излучение

Инфракрасное излучение (ИК) – это часть электромагнитного спектра с длиной волны $\lambda = 0,78 \div 1000$ мкм, энергия которого при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект. Источником ИК-излучения является любое нагретое тело. С учётом особенностей биологического действия ИК-диапазон спектра подразделяют на три области: коротковолновую ИК-A ($0,78 \div 1,4$ мкм), средневолновую ИК-B ($1,4 \div 3$ мкм) и длинноволновую ИК-C ($3 \div 1000$ мкм). Большею активностью обладает коротковолновое ИК-излучение, т. к. оно способно проникать глубоко в ткани организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях.

Наиболее поражаемые у человека органы – кожный покров и органы зрения: возможны ожоги, катаракта, повреждение сетчатки. Под воздействием ИК-излучения возникают также биохимические сдвиги и изменение функционального состояния центральной нервной системы.

Источником ИК-излучений в производственных условиях являются: открытое пламя, расплавленный металл, нагретые поверхности оборудования, источники искусственного освещения, различные виды сварки и др.

Нормирование ИК-излучения осуществляется по интенсивности допустимых интегральных потоков излучения с учетом спектрального состава, размера облучаемой площади, защитных свойств спецодежды для продолжительности действия более 50 % смены в соответствии

с ГОСТ 12.1.005–88. Допустимая облученность на рабочих местах не должна превышать 350 Вт/м. При этом ограничивается температура нагретых поверхностей. Если температура источника тепла не превышает 373 К (100 °С), то поверхность оборудования должна иметь температуру не более 308 К (35 °С), а при температуре источника выше 373 К (100 °С) – не более 318 К (45 °С).

Защиту работающих от воздействия ИК-излучения обеспечивают согласно ГОСТ 12.4.123–83 «ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования» следующие мероприятия:

- снижение интенсивности источника излучения;
- дистанционное управление процессом;
- экранирование источников излучения или рабочего места;
- устройство водяных и воздушных завес;
- создание оазисов и душирования;
- использование средств индивидуальной защиты (спецодежда, очки со светофильтрами и щитки).

3.4.5. Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение (УФ) – спектр электромагнитных колебаний с длиной волны 200÷400 нм. По биологическому эффекту выделяют три области УФ-излучения:

- УФ А – общеоздоровительная, с длиной волны 400÷315 нм;
- УФ Б – эритемная, с длиной волны 315÷280 нм;
- УФ С – бактерицидная, с длиной волны 280÷200 нм.

Биологическое действие УФ-лучей солнечного света проявляется прежде всего в их положительном влиянии на организм человека: повышается сопротивляемость организма, снижается заболеваемость, возрастает устойчивость к охлаждению, увеличивается работоспособность.

УФ-излучение производственных источников (электросварочные дуги, плазмотроны, ртутные выпрямители и др.) может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений. Наиболее подвержены действию УФ-излучения глаза (электроофтальмии) и кожа. Воздействие на кожу больших доз УФ-излучения вызывает кожные заболевания – дерматиты.

Гигиеническое нормирование УФ-излучения в производственных помещениях осуществляется по СН 4557–88 «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях», которые устанавливают допустимые плотности потока излучения в зависимости от длины волн при условии защиты органов зрения и кожи.

Для защиты от УФ-излучения применяются следующие способы и средства:

- экранирование источников излучения и рабочих мест;
- удаление обслуживающего персонала от источников УФ-излучения (дистанционное управление);
- рациональное размещение рабочих мест;
- специальная окраска помещений;
- средства индивидуальной защиты (термозащитная спецодежда, рукавицы, спецобувь, защитные каски, защитные очки и щитки со светофильтрами) и предохранительные средства (пасты и мази).

3.4.6. Обеспечение безопасности при работе с компьютером

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях человеческой деятельности. При работе с персональным компьютером (ПК) человек подвергается воздействию ряда вредных и опасных факторов: электромагнитного и электростатического полей, инфракрасного и ультрафиолетового излучений, рентгеновского излучения, шума и др. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой.

Согласно классификации опасных и вредных производственных факторов (ГОСТ 12.0.003–74) на пользователей вычислительной техники в процессе работы оказывают действие следующие факторы:

- повышенная ионизация воздуха;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный или пониженный уровень освещенности;
- пониженная контрастность;
- повышенный уровень прямой или отраженной блескости;
- повышенная пульсация светового потока;
- повышенный уровень ультрафиолетового излучения;
- повышенный уровень инфракрасного излучения;
- повышенное содержание в воздухе рабочей зоны двуокси углерода, озона, аммиака, фенола, формальдегидов и полихлорированных бифенилов;
- длительные статические нагрузки;
- монотонность труда.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами Госкомсанэпиднадзора «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03). Российский нормативный документ полностью совпадает в части уровней электромагнитного излучения с требованиями шведского стандарта MPR II. Наиболее безопасны мониторы, отвечающие стандартам низкого излучения (Low Radiation), к которым относятся шведские стандарты TCO'92, TCO'95 и TCO'99. В табл. 3.3 показаны допустимые значения параметров электромагнитных полей ПК в соответствии с требованиями вышеназванных стандартов.

Санитарными правилами запрещены продажа, использование, закупка и ввоз на территорию нашей страны персональных компьютеров и дисплеев без получения гигиенического сертификата, который и удостоверяет их соответствие санитарным правилам.

Таблица 3.3

Допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметра	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03	MPR II	TCO'99
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг дисплея по электрической составляющей, В/м, не более:			
в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25	25	10
в диапазоне частот 2 – 400 кГц	2,5	2,5	1,0
Плотность магнитного потока на расстоянии 50 см вокруг дисплея, нТл, не более:			
в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250	250	200
в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25	25	25
Поверхностный электростатический потенциал, В, не более	500		

В настоящее время рентгеновское и УФ-излучение мониторов можно назвать лишь потенциально существующими вредными факторами.

Рентгеновское излучение сопровождает работу мониторов на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ). Рентгеновские лучи возникают тогда, когда движущиеся электроны затормаживаются преградой на их пути. Теоретически, высокое напряжение ЭЛТ придает электронам скорость, достаточную для возбуждения мягкого рентгеновского излучения, которое при

облучении полностью поглощается тканями человека. Поэтому разработчики применяют различные технические решения, исключая возможность выхода этого излучения из ЭЛТ, либо уменьшают его до безопасного уровня. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса монитора при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч). Экраны современных дисплеев делают из стекла, не прозрачного для рентгеновского излучения, возникающего в ЭЛТ. Уровень рентгеновского излучения не превышает естественного фона.

УФ-излучение не обнаруживается даже в самых старых моделях дисплеев. Интенсивность инфракрасного излучения от экрана монитора лежит в пределах $10 \div 100$ мВт/м².

Для обеспечения нормальной электромагнитной обстановки в рабочем помещении необходимо обеспечить надежное заземление (с периодическим контролем) системного блока и источника питания ПК. Если имеется техническая возможность, целесообразно заземлить системный блок не только через заземляющий контакт трехконтактной вилки питания (при наличии соответствующей и правильно подключенной розетки), но и путем соединения отдельным проводником корпуса системного блока с контуром заземления в помещении.

С точки зрения обеспечения безопасности при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

- площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователей ПК с монитором на базе электронно-лучевой трубки, должна составлять не менее 6 м², что позволяет расположить технические средства на безопасном расстоянии для пользователя, с монитором на базе плоских дискретных экранов – 4,5 м²;

- с целью предотвращения накопления статических зарядов рекомендуется увлажнять воздух в помещениях с ПК, например, с помощью увлажнителей, заправляемых прокипяченной водой;

- для снижения восприимчивости пользователей к воздействию вредных факторов помещения с ПК должны быть расположены и оборудованы так, чтобы можно было обеспечить там параметры микроклимата, соответствующие действующим для производственных помещений санитарным нормам. При этом в помещениях, где работа с ПК является основной, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата;

- рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а

расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не ближе 50 см.

- при выполнении основной работы на ВДТ и ПЭВМ (диспетчерские, операторские, расчетные кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) уровень шума на рабочем месте, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, не должен превышать 50 дБА. Сами вычислительные машины (встроенные в стойки ЭВМ вентиляторы, принтеры и т.д.), а также центральная система вентиляции и кондиционирования воздуха и другое оборудование являются источником шума;

- очень важна правильная организация освещения в помещении. Следует избегать большого контраста между яркостью экрана и окружающего пространства. Запрещается работа на компьютере в темном и полутемном помещении. Освещение должно быть смешанным: естественным и искусственным. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300÷500 лк. В дополнение к общему освещению для подсветки документов могут применяться местные светильники. Однако они не должны создавать блики на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк. Коэффициент пульсации источников света не должен превышать 5 %;

- продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребенка – 10÷20 мин в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

При работе с компьютером необходимо соблюдать и ряд других требований, указанных в СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какими физическими параметрами характеризуется электромагнитное излучение?
2. Каково действие электромагнитных полей радиочастот на организм человека?
3. Как осуществляется гигиеническое нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона?
4. Назовите основные методы защиты от электромагнитных полей радиочастотного диапазона.
5. Каково действие электромагнитных полей промышленной частоты на организм человека?

6. Как осуществляется нормирование ЭМИ промышленной частоты?
7. Назовите методы защиты от электромагнитных полей промышленной частоты.
8. Как воздействует на человека инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, опишите методы защиты?
9. В чем заключается действие лазерного излучения на человека и основные методы защиты от него?
10. Перечислите основные опасные и вредные факторы, действующие на оператора компьютера.

3.5. Ионизирующие излучения и защита от них

3.5.1. Виды ионизирующих излучений

Ионизирующими называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию ионов различных знаков. Источники этих излучений широко используются в атомной энергетике, технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и т. п. Работа с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни людей, которые участвуют в их использовании.

К ионизирующим относятся два вида излучений:

1) корпускулярное (альфа (α)- и бета (β)-излучения, нейтронное излучение),

2) электромагнитное (гамма (γ)-излучение и рентгеновское).

Альфа-излучение – это поток ядер атомов гелия, испускаемых веществом при радиоактивном распаде вещества или при ядерных реакциях. Значительная масса α -частиц ограничивает их скорость и увеличивает число столкновений в веществе, поэтому α -частицы обладают высокой ионизирующей способностью и малой проникающей способностью. Пробег α -частиц в воздухе достигает $8\div 9$ см, а в живой ткани – несколько десятков микрометров.

Бета-излучение – это поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде ядер. По сравнению с α -частицами, β -частицы обладают значительно меньшей массой и меньшим зарядом, поэтому у β -частиц выше проникающая способность, чем у α -частиц, а ионизирующая способность ниже. Пробег β -частиц в воздухе составляет 18 м, в живой ткани – 2,5 см.

Нейтронное излучение – это поток ядерных частиц, не имеющих заряда, вылетающих из ядер атомов при некоторых ядерных реакциях, в частности при делении ядер урана и плутония. В зависимости от энергии различают *медленные нейтроны* (с энергией менее 1 кэВ), *нейтро-*

ны промежуточных энергий (от 1 до 500 кэВ) и быстрые нейтроны (от 500 кэВ до 20 МэВ). При неупругом взаимодействии нейтронов с ядрами атомов среды возникает вторичное излучение, состоящее как из заряженных частиц, так и из γ -квантов. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у α -частиц или β -частиц. Для быстрых нейтронов длина пробега в воздухе составляет до 120 м, а в биологической ткани – 10 см.

Гамма-излучение представляет собой электромагнитное излучение, испускаемое при ядерных превращениях или взаимодействии частиц ($10^{20} \div 10^{22}$ Гц). Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью – свободно проходит через тело человека и другие материалы – и малым ионизирующим действием.

Рентгеновское излучение также представляет собой электромагнитное излучение, возникающее при торможении быстрых электронов в веществе ($10^{17} \div 10^{20}$ Гц).

3.5.2. Основные показатели

Рассмотрим основные показатели, применяемые для характеристики ионизирующих излучений.

Период полураспада – время, в течение которого распадается половина ядер радиоактивного вещества.

Активность A радиоактивного вещества – число самопроизвольных ядерных превращений dN в этом веществе за малый промежуток времени dt , деленное на этот промежуток:

$$A = dN/dt.$$

Единицей измерения активности является беккерель, 1 Бк = 1 ядерному превращению в секунду.

Доза излучения – это количество энергии, переданное ионизирующим излучением веществу и поглощенное им. Это величина, характеризующая воздействие ионизирующего излучения на вещество.

Экспозиционная доза X служит для количественной характеристики только рентгеновского и γ -излучения. Это отношение полного электрического заряда dQ ионов одного знака, возникающих в малом объеме воздуха, к массе воздуха dm в этом объеме:

$$X = dQ/dm.$$

Единицей экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл/кг). Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р). 1 Р соответствует образованию $2,1 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 см^3 воздуха при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 760 мм рт. ст.; $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Поглощенная доза излучения D – это количество энергии ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела, определяется как отношение средней энергии dE , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе этого вещества dm :

$$D = dE/dm.$$

Единицей измерения поглощенной дозы является грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т. е. 1 Гр = 1 Дж/кг. Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад – энергия в 100 эрг, поглощенная 1 г вещества: 1 рад = 0,01 Гр.

Одинаковая поглощенная доза различных видов излучения вызывает в живом организме различное биологическое действие. Для учета влияния на организм человека различных видов излучения на различные органы вводят понятия «эквивалентная» и «эффективная» доза.

Эквивалентная доза H служит для оценки радиационной опасности облучения человека от разных видов излучения. Эта величина определяется как произведение средней поглощенной дозы $D_{T,R}$ излучения вида R в органе или ткани T на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного излучения W_R :

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R},$$

Единицей измерения эквивалентной дозы является Дж/кг, имеющий специальное наименование зиверт (Зв). Внесистемной единицей служит бэр (биологический эквивалент рада); 1 Зв = 100 бэр.

Значения W_R для фотонов, электронов составляет 1, для α -частиц, осколков деления, тяжелых ядер – 20.

Эффективная доза E – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе (ткани) $H_{t,T}$ за время t на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани W_T :

$$E = \sum H_{t,T} \cdot W_T.$$

Взвешивающий коэффициент W_T для гонад составляет 0,20, костного мозга, легких, желудка – 0,12, печени, щитовидной железы, мочевого пузыря – 0,05, кожи – 0,01.

Единица измерения эффективной дозы – зиверт.

3.5.3. Биологическое действие ионизирующих излучений

Биологическое действие ионизирующих излучений связано с процессами ионизации атомов и молекул живой материи, в частности, молекул воды, содержащихся в органах и тканях. В результате происходит разрыв молекулярных связей и изменение структуры различных химических соединений. При этом нарушается нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ в организме.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма. Под **внешним облучением** понимают воздействие на организм ионизирующих излучений от внешних по отношению к нему источников (естественные радиоактивные источники, рентгеновские аппараты, ядерные реакторы и др.). **Внутреннее облучение** происходит при попадании радиоактивного вещества внутрь при вдыхании воздуха, через пищеварительный тракт, через кожу. Внутреннее облучение организма длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено из организма в результате процессов физиологического обмена. Это облучение опасно тем, что вызывает длительно незаживающие язвы различных органов и злокачественные опухоли.

На действие ионизирующих излучений организм отвечает определенными биологическими реакциями. Биологические реакции организма человека на действие ионизирующей радиации можно условно разделить на две группы:

- 1) острые поражения;
- 2) отдаленные последствия, которые в свою очередь подразделяются на соматические и генетические эффекты.

К **острым поражениям** относятся острая и хроническая лучевая болезнь и лучевые ожоги. Тяжесть острых поражений зависит от дозы облучения. Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения ~ 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. 100%-й смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5÷7,0 Зв.

При длительном повторяющемся внешнем или внутреннем облучении человека в малых, но превышающих допустимые величины дозах возможно развитие хронической лучевой болезни.

К **отдаленным последствиям соматического характера** относятся злокачественные новообразования, лейкемия, катаракта и сокращение продолжительности жизни.

Генетические эффекты воздействия радиации на человека проявляются лишь в последующем поколении, возникают они под действием малых доз радиации.

3.5.4. Нормирование ионизирующих излучений

Нормирование воздействия ионизирующих излучений осуществляется в соответствии с санитарными правилами и нормами СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009)».

НРБ – 99/2009 устанавливают следующие **категории облучаемых лиц**:

- персонал – лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- всё население, включая лиц из персонала вне работы с источниками ионизирующего излучения.

Для категории облучаемых лиц устанавливаются два класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД) (табл. 3.4);
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и др.

Таблица 3.4

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз, мЗв/год	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20	1
Эквивалентная доза:		
В хрусталике глаза	150	15
В коже	500	50
В кистях и стопах	500	50
Основные пределы доз для персонала группы Б равны $\frac{1}{4}$ значений для группы А		

Для обеспечения условий, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого, с учетом достигнутого в организации уровня радиационной безопасности, администрацией организации дополнительно устанавливаются контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потоков и др.).

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала. На период беременности и грудного вскармливания ребенка женщины должны переводиться на работу, не связанную с источниками ионизирующего излучения.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

3.5.5. Защита от ионизирующих излучений

Требования по защите людей от вредного радиационного воздействия при всех условиях облучения от источников ионизирующего излучения, на которые распространяется действие НРБ 99/2009, установлены санитарными правилами СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)».

Обеспечение радиационной безопасности требует комплекса многообразных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы с источниками ионизирующих излучений, а также от типа источника.

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с закрытыми источниками излучения, основные усилия должны быть направлены на предупреждение переоблучения персонала. Для этого используются следующие методы:

- увеличение расстояния между источниками и работающими (защита расстоянием);
- сокращение времени работы с источниками (защита временем);
- уменьшение мощности источника до минимальной величины (защита количеством);
- экранирование источника излучения (защита экранами).

Выбор материала для изготовления защитного экрана, прежде всего, зависит от преобладающего вида излучения. Для защиты от α -излучений достаточен слой воздуха в несколько сантиметров. Применяют также экраны из плексигласа и стекла толщиной в несколько миллиметров. Для защиты от β -излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От рентгеновского и γ -излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые си-

стемы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (парафин, вода), а также бериллий, графит, соединения бора и т. д.

Одним из существенных факторов системы радиационной безопасности является дозиметрический контроль над уровнями внешнего и внутреннего облучения обслуживающего персонала, а также за уровнем радиации в окружающей среде. В правилах ОСПОРБ 99/2010 оговорён строгий порядок радиационного контроля, в том числе и индивидуального, цель которого – контроль соблюдения норм радиационной безопасности, санитарных правил и получение информации о дозе облучения персонала. Во всех учреждениях, где проводятся работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, служба радиационной безопасности проводит дозиметрический и радиометрический контроль.

В настоящее время существуют следующие методы контроля над радиоактивными излучениями: ионизационный, основанный на способности некоторых газов под воздействием излучений становиться проводниками тока; сцинтилляционный, основанный на способности некоторых твёрдых и жидких веществ люминесцировать под воздействием излучений; фотографический, основанный на способности фотоэмульсионного слоя под воздействием излучений темнеть после проявления; химический, основанный на способности некоторых веществ под воздействием излучений изменять свой цвет. Все дозиметрические приборы делятся на две группы: индикаторные (для быстрого обнаружения источников излучения) и измерительные (для количественных измерений дозы и мощности излучения).

Средства индивидуальной защиты, используемые для работы с закрытыми источниками, разделяются на пять видов: спецодежда, спецобувь, средства защиты органов дыхания, изолирующие костюмы, дополнительные защитные приспособления. Большое значение имеет выполнение правил личной гигиены (запрещение курения в рабочей зоне, тщательная очистка кожных покровов после окончания работы).

Защита от открытых источников ионизирующих излучений, способных загрязнять воздух рабочей зоны радиоактивными веществами, предусматривает как защиту персонала от внешнего облучения, так и защиту персонала от внутреннего облучения. Для обеспечения радиационной безопасности при этом используются те же принципы защиты, что и при работе с закрытыми источниками излучения, а также герметизация производственного оборудования, мероприятия планировочного характера. Помещения, предназначенные для работы с радиоактивными

веществами, должны быть изолированы от других помещений и специально оборудованы в зависимости от класса работ, определяемого активностью этих радиоактивных веществ.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите виды ионизирующих излучений.
2. Укажите единицы измерения радиационных доз и активности радионуклидов.
3. В чем заключается биологическое действие ионизирующих излучений?
4. Какие виды облучения могут возникнуть при работе с источниками ионизирующего излучения?
5. На какие группы делятся биологические реакции организма человека на действие ионизирующей радиации?
6. Назовите категории облучаемых лиц.
7. Какие нормативные документы содержат требования по защите от ионизирующих излучений?
8. Как и по каким параметрам осуществляется гигиеническое нормирование ионизирующего излучения?
9. Как осуществляется защита от ионизирующих излучений?
10. От чего зависит выбор материала для изготовления защитного экрана?

Тесты к главе 3

1. На какие периоды делится год при нормировании микроклимата производственных помещений?

- 1) теплый, холодный;
- 2) зима, весна, лето, осень;
- 3) жаркий, теплый, прохладный, холодный.

2. К нормируемым показателям микроклимата производственных помещений относятся:

- 1) температура, скорость движения воздуха, давление;
- 2) температура, скорость движения воздуха, относительная влажность;
- 3) температура, давление, относительная влажность;
- 4) скорость движения воздуха, относительная влажность, давление.

3. Границей теплого и холодного периода при нормировании параметров микроклимата является температура наружного воздуха, равная

- 1) $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 2) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 3) $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 4) $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. С помощью какого прибора можно измерить скорость движения воздуха?

- 1) психрометр; 2) анемометр; 3) термометр; 4) актинометр.

5) К какой группе по характеру воздействия относятся вредные вещества, вызывающие отравление всего организма?

- 1) общетоксические; 2) раздражающие;
3) сенсibiliзирующие; 4) канцерогенные.

6) К какой группе по характеру воздействия относятся вредные вещества, действующие как аллергены?

- 1) общетоксические; 2) раздражающие;
3) сенсibiliзирующие; 4) мутагенные.

7) К какой группе по характеру воздействия относятся вредные вещества, вызывающие развитие злокачественных опухолей?

- 1) мутагенные; 2) общетоксические;
3) сенсibiliзирующие; 4) канцерогенные.

8. Укажите единицу измерения силы света:

- 1) лм (люмен); 2) лк (люкс); 3) кд (кандела).

9. Укажите единицу измерения освещенности:

- 1) лм (люмен); 2) лк (люкс); 3) кд (кандела).

10. Каким показателем оценивается уровень естественного освещения?

- 1) E , освещенность;
2) к.е.о., коэффициент естественной освещенности;
3) Φ , световой поток.

11. Каким показателем оценивается уровень искусственного освещения?

- 1) E , освещенность;
2) к.е.о., коэффициент естественной освещенности;
3) Φ , световой поток.

12. Децибел – это единица измерения

- 1) интенсивности звука; 2) звукового давления;
3) логарифмического уровня интенсивности звука.

13. Характеристикой постоянного шума, позволяющей произвести его санитарно-гигиеническую оценку, является:

- 1) уровень интенсивности звука; 2) максимальный уровень звука;
3) уровень звукового давления; 4) эквивалентный уровень звука.

14. Характеристикой непостоянного шума, позволяющей произвести его санитарно-гигиеническую оценку, является:

- 1) эквивалентный уровень звука;
- 2) предельный спектр;
- 3) звуковое давление;
- 4) уровень звукового давления.

15. Время пребывания в электрическом поле промышленной частоты с напряженностью $E = 5 - 20$ кВ/м ...

- 1) не нормируется;
- 2) составляет 8 часов;
- 3) рассчитывается по формуле $T = 50/E - 2$

16. Источниками электромагнитных излучений радиочастот являются:

- 1) высоковольтные линии электропередачи;
- 2) ядерные реакторы;
- 3) движущиеся части машин;
- 4) радиотехническое оборудование

17. Источниками ионизирующих излучений являются:

- 1) высоковольтные линии электропередач;
- 2) рентгеновские установки;
- 3) движущиеся части машин;
- 4) радиотехническое оборудование

18. Как называется величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности?

- 1) эквивалентная доза;
- 2) эффективная доза;
- 3) поглощенная доза;
- 4) экспозиционная доза

19. Как называется прибор для измерения дозы ионизирующего излучения?

- 1) ваттметр;
- 2) фотометр;
- 3) термометр;
- 4) дозиметр.

20. Укажите основной документ, который регламентирует уровни воздействия ионизирующих излучений:

- 1) Нормы радиационной безопасности;
- 2) Концепция устойчивого развития;
- 3) Московский договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой;
- 4) Уголовный кодекс РФ

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Электробезопасность

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструменты, вычислительная и организационная техника, работающая на электричестве. При работе с электроустановками необходимо соблюдать требования электробезопасности.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

4.1.1. Действие электрического тока на организм человека

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие.

- **Термическое действие** характеризуется нагревом кожи, тканей вплоть до ожогов.

- **Электролитическое действие** заключается в разложении жидкостей, в том числе крови, в изменении их состава и свойств.

- **Биологическое действие** проявляется в нарушении биологических процессов, протекающих в организме человека, сопровождается раздражением и возбуждением тканей и судорожным сокращением мышц, нарушением дыхания и работы сердца.

- **Механическое действие** приводит к разрыву тканей в результате электродинамического эффекта, ушибы, вывихи, переломы вследствие резких судорожных движений тела.

Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы. Электротравмы принято делить на общие и местные. К **общим электротравмам** относят электрический удар, при котором возбуждение различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией – хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл). К **местным электротравмам** относятся:

- электрический ожог – результат теплового воздействия электрического тока в месте контакта;

- электрический знак – специфическое поражение кожи, выражающееся в затвердевании и омертвлении верхнего слоя;

- металлизация кожи – внедрение в кожу мельчайших частичек металла;
- электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия ультрафиолетовых лучей электрической дуги;
- механические повреждения, вызванные непроизвольным сокращением мышц под действием тока.

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;
- появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;
- шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;
- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
- освобождение другого человека, находящегося под напряжением;
- воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Исход поражения человека электрическим током зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, электрического сопротивления тела человека, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе – от частоты колебаний, состояния окружающей среды и индивидуальных особенностей организма.

Сила тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия.

Ток, проходящий через организм, зависит от напряжения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит **сопротивление тела человека**. Величина последнего определяется в основном сопротивлением рогового слоя кожи, достигающим при сухой коже и отсутствии повреждения десятков тысяч Ом. Внутреннее сопротивление тела человека не превышает нескольких сот Ом. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Принято различать **три пороговых значения тока** по степени воздействия на организм:

1. **Ощутимый ток** равен $0,6 \div 1,5$ мА для переменного тока частоты 50 Гц и $5 \div 7$ мА для постоянного тока. Возникают малоболезненные раздражения, человек может самостоятельно освободиться от токоведущей части, оказавшейся под напряжением.

2. **Неотпускающий ток** – $10 \div 15$ мА (50 Гц) и $50 \div 70$ мА (постоянный). Такой ток вызывает болезненные судорожные сокращения мышц рук при касании (захвате) ими токопроводящих частей. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока.

3. **Фибрилляционный ток** – 100 мА (50 Гц) и 300 мА (постоянный) при продолжительности воздействия более 0,5 с. Происходит фибрилляция сердца, остановка дыхания.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от времени прохождения тока через тело человека: при длительности воздействия тока промышленной частоты 50 Гц более 10 с допустимым значением является 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА. Чем больше будет время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма.

Согласно ГОСТ 12.1.038–82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» при выборе и расчете технических устройств и других средств защиты учитываются три основных параметра: сила тока, протекающего через тело человека, напряжение прикосновения и длительность протекания тока.

Из возможных **путей протекания тока через тело человека** (голова – рука, голова – ноги, рука – рука, нога – рука, нога – нога и т. д.) наиболее опасным является тот, при котором поражается головной мозг, сердце и легкие.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038–82 устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека (рука – рука, нога – нога) при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

Степень поражения зависит также **от рода и частоты тока**. Наиболее опасным при напряжениях до 500 В является переменный ток частотой от 20 до 1000 Гц. При высоких напряжениях становится опаснее термическое действие тока, а при низких напряжениях основную опасность представляет электрический удар. При увеличении частоты тока относительно этого диапазона опасность поражения уменьшается, а при частотах в $450 \div 500$ кГц переменный ток в отношении электрического удара не опасен, хотя сохраняется опасность ожогов. Это объясняется поверхностным эффектом: ток высокой частоты проходит по нечувствительной поверхности кожи. При напряжениях, больших 500 В, опасным становится постоянный ток.

Состояние окружающей среды (температура, влажность, наличие пыли, паров, кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током.

4.1.2. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

Для учета условий, в которых находится работающий, все производственные помещения по опасности поражения током разделяются на три категории (согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)):

• **Помещения с повышенной опасностью**, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- сырости, когда относительная влажность превышает 75 %;
- высокой температуры воздуха, длительно превышающей 35 °С;
- токопроводящей пыли (металлической, углеродной и т. д.);
- токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных);
- возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам оборудования или металлоконструкциям здания с одной стороны и к металлическим корпусам оборудования – с другой.

• **Особо опасные помещения**, характеризующиеся наличием одного из трех условий:

- особой сырости, когда относительная влажность воздуха близка к 100 % (стены, пол и потолок покрыты влагой);
- химически активной среды, которая разрушающе действует на электроизоляцию и токоведущие части оборудования;
- двух и более признаков одновременно, свойственных помещениям с повышенной опасностью.

• **Помещения без повышенной опасности**, характеризующиеся отсутствием признаков помещений с повышенной и особой опасностью.

4.1.3. Анализ условий опасности электропоражения в трехфазных сетях

Опасность электропоражения оценивается значением тока, проходящего через тело человека, и зависит от ряда факторов: условий включения человека в цепь, напряжения и схемы сети, режима ее нейтрали, сопротивления элементов электрической сети и др.

Наиболее характерными являются две схемы включения человека в электрическую цепь: между проводами (двухфазное включение) и между одним проводом и землей (однофазное включение).

Анализируя различные случаи прикосновения человека к проводам трехфазных электрических сетей, можно сделать вывод, что наиболее опасным является двухфазное прикосновение при любом режиме нейтрали. В этом случае ток, проходящий через тело человека $I_{\text{ч}}$, определяется линейным напряжением $U_{\text{л}}$ и сопротивлением его тела $R_{\text{ч}}$:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}.$$

При прикосновении человека к одному из фазных проводов *исправной сети с изолированной нейтралью* ток через тело человека определяется по выражению

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

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение; $R_{\text{из}}$ – сопротивление изоляции проводов. При хорошей изоляции ($R = 0,5 \text{ МОм}$) ток имеет малое значение и такое прикосновение неопасно. Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние для своевременного устранения возникших неисправностей.

В аварийном режиме работы сети с изолированной нейтралью при наличии замыкания одной из фаз на землю ток, проходящий через тело человека, прикоснувшегося к исправной фазе, выразится зависимостью

$$I_{\text{ч}} \approx \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}.$$

Таким образом, замыкание одной из фаз на землю резко повышает опасность однофазного прикосновения.

В исправных трехфазных сетях с заземленной нейтралью ток, проходящий через человека, прикоснувшегося к одной из фаз, определяется выражением

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{(R_{\text{ч}} + R_{\text{ПО}} + R_0)} \approx \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}}},$$

где R_0 – сопротивление рабочего заземления нейтрали ($R_0 \leq 10 \text{ Ом}$); $R_{\text{ПО}}$ – сопротивление пола и обуви. Изолирующие свойства пола, обуви и предохранительных приспособлений оказывают защитное действие.

В аварийном режиме, когда одна из фаз сети замкнута на землю, человек, прикасаясь к исправной фазе, попадает под напряжение $U_{\text{ч}}$, которое больше фазного, но меньше линейного. В этом случае ток, проходящий через человека, будет определяться так:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ч}}}{R_{\text{ч}}}.$$

Таким образом, прикосновение к исправной фазе при замыкании другой фазы на землю опаснее, чем прикосновение к фазе в нормальном режиме работы трехфазной сети с заземленной нейтралью.

Режим нейтрали трехфазной сети выбирается по технологическим требованиям и условиям безопасности.

Согласно ПУЭ, при напряжении выше 1000 В применяются две схемы: трехпроводные сети с изолированной нейтралью и трехпроводные сети с эффективно заземленной нейтралью. При анализе сетей напряжением выше 1000 В следует отметить, что эти сети имеют большую протяженность, обладают значительной емкостью и высоким значением сопротивления изоляции. Поэтому в этих сетях утечкой тока через активное сопротивление изоляции можно пренебречь и учитывать только утечку тока через емкость фазы относительно земли. Следовательно, прикосновение к этим сетям является опасным не зависимо от режима нейтрали.

При напряжении до 1000 В применяются трехпроводные сети с изолированной нейтралью и четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью. По технологическим требованиям предпочтение отдается четырехпроводной сети, поскольку она позволяет использовать два напряжения: линейное и фазное. По условиям безопасности выбор производится с учетом полученных ранее выводов. Сети с изолированной нейтралью целесообразно применять при условии хорошего уровня поддержания изоляции и малой емкости сети – это сети электротехнических лабораторий, небольших предприятий и т. д.). Сети с заземленной нейтралью следует применять, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности, агрессивной среды, больших емкостных токов и т. д.). Примером таких сетей являются крупные современные предприятия.

4.1.4. Напряжение шага и напряжение прикосновения

В производственных условиях возможны случаи обрыва электрических проводов и падения их на землю или нарушение изоляции кабеля, находящегося в земле. При этом вокруг любого проводника, оказавшегося на земле или в земле, образуется зона растекания тока. Если человек окажется в этой зоне и будет стоять на поверхности земли, имеющей различные электрические потенциалы в местах, где расположены ступни его ног, то по длине шага возникает шаговое напряжение $U_{\text{ш}}$ (рис. 4.1). **Напряжением шага** называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Напряжение шага повышается по мере приближения человека к месту замыкания провода на землю и при увеличении величины шага. Практически напряжение шага падает до нуля на расстоянии 20 м от точки падения провода. Выходить из зоны поражения следует мелкими шагами.

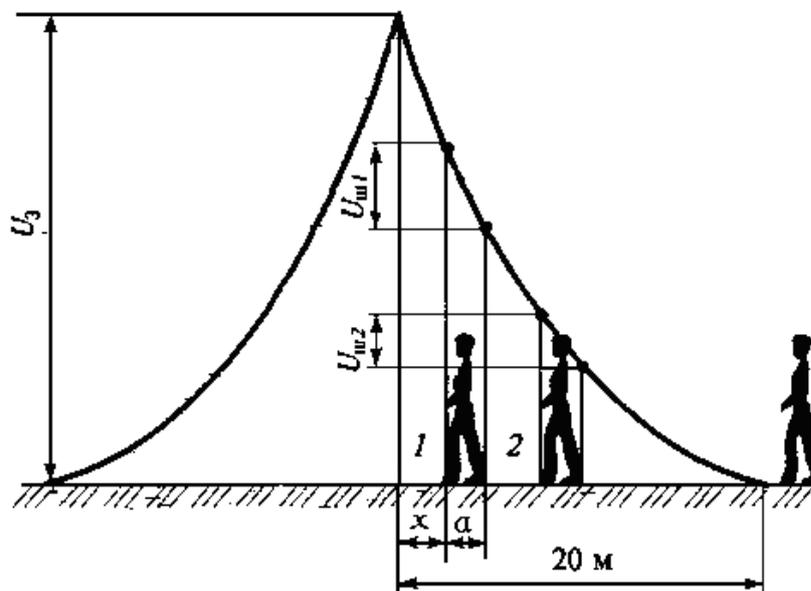


Рис. 4.1. Зависимость напряжения шага от расстояния между человеком и заземлителем: $U_{ш1}$, $U_{ш2}$ – напряжения шага; x – расстояние от заземлителя до ближней точки касания человеком поверхности земли; a – ширина шага; U_3 – напряжение заземлителя

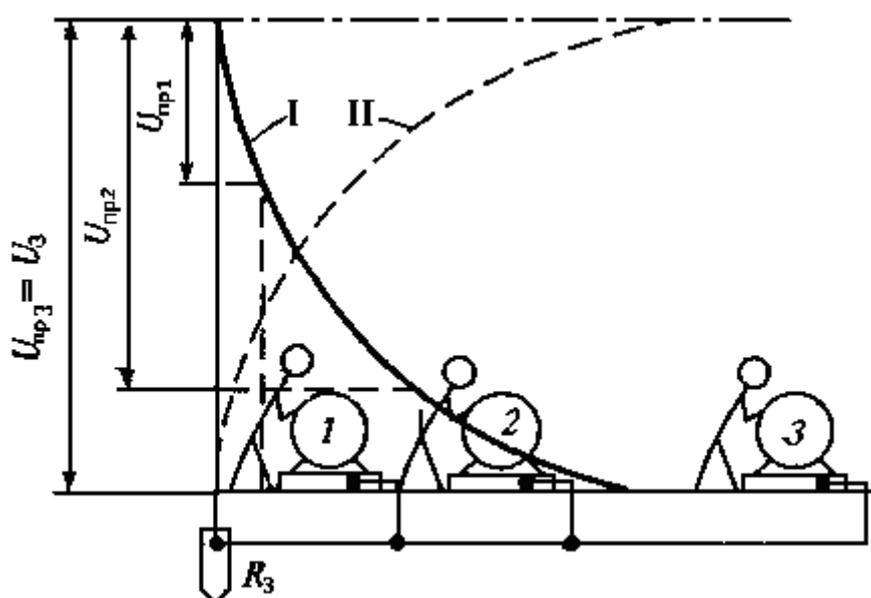


Рис. 4.2. Зависимость напряжения прикосновения от расстояния между человеком и заземлителем: I – потенциал растекания тока в грунте; II – напряжение прикосновения; R_3 – сопротивление заземлителя; $U_{пр1}$, $U_{пр2}$, $U_{пр3}$ – напряжения прикосновения; U_3 – напряжение заземлителя

При замыкании тока на конструктивные части электрооборудования (замыкание на корпус) прикоснувшийся к ним человек попадает под **напряжение прикосновения** $U_{пр}$ – напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно может коснуться человек (рис. 4.2). Численно напряжение прикосновения равно разности потенциалов корпуса и точек земли, на которых находятся ноги человека. Напряжение прикосновения увеличивается по мере удаления от заземлителя, и за пределами зоны растекания тока оно равно напряжению на корпусе оборудования.

4.1.5. Защита от опасности поражения электрическим током

Для предупреждения электротравматизма во время работ в электроустановках очень важно проводить соответствующие защитные мероприятия. Применение защитных мероприятий регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М - 016-2001; РД 153-34.0-03.150-00, введены в действие с 1.07.2001 г.). В этих документах приведены требования к персоналу, производящему работы в электроустановках, определены порядок и условия производства работ, рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ, испытаний и измерений в электроустановках всех уровней напряжения.

Все работы, проводимые в действующих электроустановках, в отношении мер безопасности, согласно ПОТ РМ 016-2001, делятся на следующие категории:

- 1) работы, выполняемые со снятием напряжения;
- 2) работы, выполняемые под напряжением на токоведущих частях или вблизи них.

К работам под напряжением на токоведущих частях относятся работы, выполняемые непосредственно на этих частях с применением средств защиты.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках:

- оформление работы нарядом, устным распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое рабочее место, окончания работы.

Нарядом для проведения работы в электроустановках называют оформленное на специальном бланке задание на ее безопасное произ-

водство, определяющее содержание, место, время начала и окончания работы, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасное выполнение работы.

Распоряжением называют задание на безопасное производство работы, определяющее содержание работы, место, время, меры безопасности (если они требуются) и лиц, которым поручено ее выполнение, с указанием группы по электробезопасности. Распоряжение имеет разовый характер, срок его действия определяется продолжительностью рабочего дня исполнителей.

Все работы на токопроводящих частях электроустановок под напряжением и со снятием напряжения выполняются по наряду, кроме неотложных работ (продолжительностью не более 1 ч), требующих участия не более трех человек. Эти работы выполняют по распоряжению.

Работы, выполняемые в порядке текущей эксплуатации – это небольшие по объему (не более одной смены) ремонтные и другие работы по техническому обслуживанию, выполняемые в электроустановках напряжением до 1000 В оперативным, оперативно-ремонтным персоналом на закрепленном оборудовании в соответствии с утвержденным руководителем (главным инженером) организации перечнем.

Лица, ответственные за безопасное проведение работ:

- выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ответственный руководитель работ;
- допускающий;
- производитель работ;
- наблюдающий;
- член бригады.

К организационным мероприятиям также относится **обучение персонала** правильным приемам работы с присвоением работникам, обслуживающим электроустановки, соответствующих квалификационных групп. Всего существует пять квалификационных групп (I–V). Присвоение группы производится от II группы и выше.

К **I группе** относятся лица, связанные с обслуживанием электроустановок, не имеющие специальной электротехнической подготовки, но имеющие элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности на обслуживаемом участке. Они должны быть знакомы с правилами оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока. Это разнорабочие, уборщики, ученики электромонтеров и другие лица, не имеющие присвоенных им квалификаций по ТБ.

Ко **II группе** относятся лица, имеющие элементарное техническое знакомство с электроустановками, отчетливо представляющие опасность

электрического тока, умеющие оказать помощь пострадавшим. Это мотористы, электромонтеры, практиканты учебных заведений и т. д.

К **III группе** относятся лица, обладающие элементарными познаниями в области электротехники, знающие соответствующие правила техники безопасности, умеющие вести надзор за работающими в электроустановках и оказывать помощь пострадавшим. Это – электромонтеры, связисты, начинающие инженеры и техники.

К **IV группе** относятся лица, указанные в III группе, но обладающие более глубокими знаниями и имеющие большой стаж работы.

К **V группе** относятся лица, хорошо знающие схемы и оборудование своего участка, умеющие организовывать работы и вести надзор за ними, способные обучать персонал правилам ТБ и оказанию первой помощи. Это электромонтеры, мастера, инженеры-практики со стажем работы не менее 5 лет, а также лица с законченным средним или высшим техническим образованием со стажем работы не менее 6 месяцев.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, инструктаж, обучение и проверку знаний.

Технические мероприятия, которые должны быть выполнены в указанном порядке при подготовке рабочего места со снятием напряжения:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты («Не включать – работают люди», «Не включать – работа на линии и т. п.);
- проверено отсутствие напряжения на токовых частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие («Стоять – высокое напряжение») и предписывающие («Работать здесь») плакаты.

Технические средства защиты

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- электрическая изоляция токоведущих частей;

- ограждение;
- сигнализация и блокировка;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты;
- плакаты и знаки безопасности.

Высокий уровень состояния *изоляции электроустановок* – одно из главных условий их безопасности. Основная характеристика изоляции – сопротивление. Согласно ПУЭ, сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции необходимо регулярно контролировать. Для периодического контроля изоляции применяется мегаомметр, для постоянного контроля – специальные приборы контроля изоляции.

В электроустановках применяются следующие виды электрической изоляции: рабочая, дополнительная, усиленная, двойная.

Рабочая изоляция предназначена для изоляции токоведущих частей электроустановки, обеспечивая ее нормальную работу и защиту персонала от поражения электрическим током. *Дополнительная изоляция* предусматривается дополнительно к рабочей для защиты от поражения током в случае повреждения рабочей изоляции. *Двойная изоляция* – это электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Двойная изоляция применяется при создании ручных электрических машин, при этом заземление или зануление их корпусов не требуется. *Усиленная изоляция* – улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная.

Ограждению подлежат все токоведущие части электроустановок, работающих под любым напряжением. Конструктивно ограждения изготавливают из сплошных металлических листов или металлических сеток.

В конструкциях электроустановок предусмотрены *блокировки* – автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону или предотвращаются неправильные, опасные для человека действия. Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветные *сигнализаторы*, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала.

Малое напряжение – это напряжение не более 50 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Например, согласно ПОТ РМ 016-2001, в помещениях повышенной

опасности и особо опасных переносные электрические светильники должны иметь напряжение не выше 50 В. При работе в особенно неблагоприятных условиях (колодцах выключателей, барабанах котлов, металлических резервуарах и т. п.) переносные светильники должны иметь напряжение не выше 12 В.

Источниками малого напряжения служат батареи гальванических элементов, аккумуляторы, выпрямительные установки, преобразователи частоты, специальные трансформаторы. Применение автотрансформаторов запрещается, так как в этом случае сеть малого напряжения электрически связана с сетью более высокого напряжения.

Для повышения безопасности проводят *электрическое разделение сетей* на отдельные короткие, электрически не связанные между собой участки с помощью разделительных трансформаторов. Такие разделенные сети обладают малой емкостью и высоким сопротивлением изоляции.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением. Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т. е. при замыкании их на корпус. Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, вызванных замыканием на корпус, за счет уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также выравнивания потенциалов основания и оборудования. Защитному заземлению подвергают металлические части электроустановок и оборудования, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты. Область применения защитного заземления – трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

В электроустановках с напряжением выше 1000 В дополнительное снижение шаговых напряжений и напряжений прикосновения достигается *выравниванием потенциалов* смежных точек поверхности за счет укладки выравнивающих проводников – замкнутых контуров из стальных полос на глубину $0,5 \div 0,7$ м от поверхности земли, охватывающих электрическую установку.

Заземляющее устройство – это совокупность заземлителя (металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования различают выносные (сосредоточенные) и контурные (распределенные) заземляющие устройства (рис. 4.3).

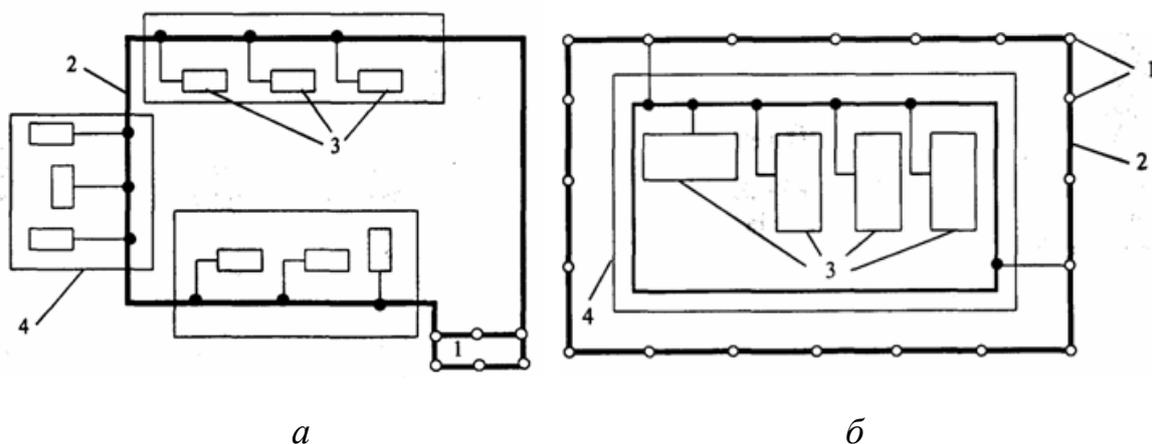


Рис. 4.3. Схема выносного (а) и контурного (б) заземляющего устройства:
 1 – заземлители; 2 – заземляющие проводники; 3 – заземляемое оборудование;
 4 – производственное здание

Выносное заземляющее устройство характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки. Применяется лишь при малых значениях тока замыкания на землю, в частности, в установках напряжением до 1000 В.

Контурное заземляющее устройство характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещаются по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, или распределены по всей площадке по возможности равномерно.

Заземлители бывают искусственные (вертикальные и горизонтальные электроды из стальных труб, уголков, прутков, полос), предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы иного назначения: железобетонные фундаменты, металлические конструкции, свинцовые оболочки кабелей, трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов).

Согласно требованиям ПУЭ, сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать:

- в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока (генератора или трансформатора) более 100 кВА – 4 Ом;
- в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока 100 кВА и менее, – 10 Ом;
- в установках напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью (с малыми токами замыкания на землю $I_3 < 500$ А) – 0,5 Ом;
- в установках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью – $250/I_3$, но не более 10 Ом;

- в установках выше 1000 В с изолированной нейтралью, если заземляющее устройство одновременно используют для электроустановок напряжением до 1000 В, – $125/I_3$, но не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок до 1000 В).

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных, а также для наружных установок защитное заземление является обязательным при номинальном напряжении электроустановки выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности – при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Во взрывоопасных помещениях заземление выполняется независимо от значения напряжения установки.

Рассмотрим схему действия защитного заземления на примере трехфазной сети с изолированной нейтралью.

1. Прикосновение человека к корпусу незаземленного оборудования равносильно прикосновению к фазе:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + \frac{R_{\text{из}}}{3}}$$

При $U_{\text{ф}} = 380$ В, $R_{\text{ч}} = 1000$ Ом, $R_{\text{об}} = 0$, $R_{\text{п}} = 0$, $R_{\text{из}} = 4500$ Ом получаем

$$I_{\text{ч}} = 380 / (1000 + 4500/3) = 0,15 \text{ А} = 150 \text{ мА}.$$

Такой ток для человека смертельно опасен.

2. Если человек прикоснется к заземленной электроустановке, находящейся под напряжением (рис. 4.4), то ток, протекающий через человека определяется по формуле:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + \frac{R_{\text{из}}}{3} \cdot \left(\frac{R_{\text{ч}} + R_3}{R_3} \right)}$$

При малом значении R_3 ($R_3 = 4$ Ом в установках $U < 1000$ В) формула для расчета $I_{\text{ч}}$ выглядит так:

$$I_{\text{ч}} = \frac{3U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} \cdot R_{\text{из}}} R_3.$$

Тогда при тех же исходных параметрах

$$I_{\text{ч}} = \frac{3 \cdot 380}{1000 \cdot 4500} \cdot 4 = 0,001 \text{ А} = 1 \text{ мА}.$$

Такой ток безопасен для человека.

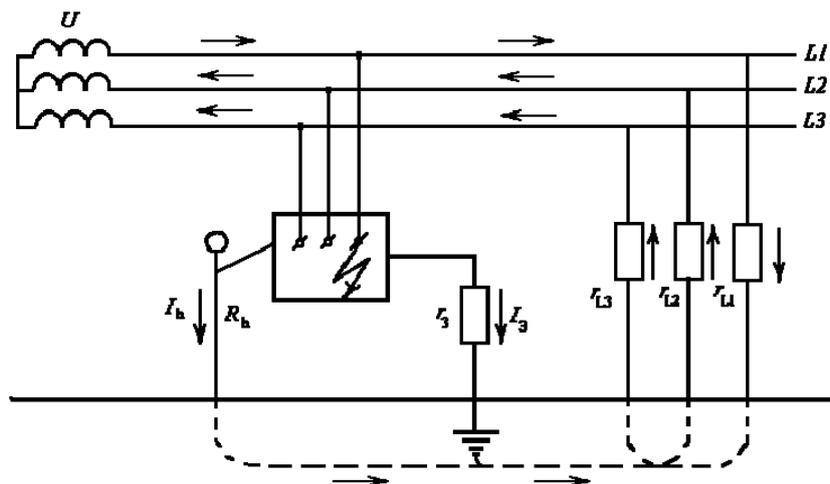


Рис. 4.4. Схема включения человека в сеть для случая прикосновения к заземленной электроустановке

Зануление предназначено для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью. Зануление состоит в преднамеренном соединении металлических нетоковедущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением, с нулевым защитным проводником. Зануление превращает пробой на корпус в короткое замыкание между фазным и нулевым проводами и способствует протеканию тока большой силы через устройства защиты сети, а в конечном итоге быстрому отключению поврежденного оборудования от сети.

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части установки с заземленной нейтралью источника тока (генератора, трансформатора) или с нулевым рабочим проводником, который в свою очередь соединен с нейтралью источника тока.

Согласно указаниям ПУЭ, сопротивление заземления нейтрали источника тока должно быть не более:

- 8 Ом при напряжении 220/127 В;
- 4 Ом при напряжении 380/220 В;
- 2 Ом при напряжении 660/380 В.

Защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током. Опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус, при снижении сопротивления изоляции, в случае неисправности защитного заземления или зануления и по ряду других причин. В этих случаях происходит изменение некоторых электрических параметров сети, которые служат сигналом, вызывающим срабатывание устройства защитного отключения.

Основными требованиями, которые предъявляются к таким устройствам, являются высокая чувствительность, малое время отключения (не более 0,2 с), надежность и самоконтроль.

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные. **Основные изолирующие электрозащитные средства** способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки. К таким средствам относятся:

- в электроустановках напряжением до 1000 В – диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения до 1000 В;

- в электроустановках напряжением выше 1000 В – изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения выше 1000 В, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ.

Дополнительные изолирующие электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств. К дополнительным изолирующим средствам относятся:

- в электроустановках напряжением до 1000 В – диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки;
- в электроустановках напряжением выше 1000 В – диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические коврики, изолирующие подставки.

Изолирующие электрозащитные средства должны иметь маркировку с указанием напряжения, на которое они рассчитаны. Их изолирующие свойства подлежат периодической проверке в установленные в ПОТ Р М-016–2001 сроки.

С целью предупреждения работающих об опасности поражения электрическим током широко используются **плакаты и знаки безопасности**. В зависимости от назначения плакаты и знаки делятся на следующие виды:

- предупреждающие («Стой! Напряжение», «Не влезай! Убьет», «Испытание! Опасно для жизни» и др.);

- запрещающие («Не включать! Работают люди», «Не включать! Работа на линии», «Не открывать! Работают люди», «Опасное электрическое поле! Без средств защиты проход запрещен», «Работа под напряжением! Повторно не включать» и др.);

- предписывающие («Работать здесь», «Влезать здесь» и др.);
- указательные («Заземлено»).

4.1.6. Статическое электричество

Статическое электричество – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках. Протекание различных технологических процессов, таких как измельчение, распыление, фильтрование и других, сопровождается электризацией материалов и оборудования, причем возникающий на них электрический потенциал достигает значений десятка тысяч вольт.

Воздействие статического электричества на организм человека проявляется в виде слабого длительно протекающего тока либо в форме кратковременного разряда через тело человека, в результате чего может произойти несчастный случай. Кроме того, происходят изменения со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем организма.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены ГОСТ 12.1.045–84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля $E_{\text{пред}}$ устанавливает равным 60 кВ/м в течение одного часа. В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электрическом поле без средств защиты $t_{\text{доп}}$ (ч) определяется по формуле

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{E_{\text{пред}}}{E_{\text{факт}}} \right)^2,$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности электростатического поля, кВ/м.

Защита от статического электричества осуществляется по двум основным направлениям:

- уменьшение генерации электрических зарядов;
- устранение уже образовавшихся зарядов.

Уменьшение генерации электрических зарядов осуществляется за счет подбора пар материалов элементов машин, которые взаимодействуют между собой с трением. По электроизоляционным свойствам вещества располагают в электростатические ряды в такой последовательности, при которой любое из них приобретает отрицательный заряд при соприкосновении с материалом, расположенным в ряду слева от него, и положительный – справа. Например, один из таких рядов имеет следующий состав: этилцеллюлоза, казеин, эбонит, ацетилцеллюлоза, стекло, металлы, полистирол, полиэтилен, фторопласт, нитроцеллюлоза. Чем дальше в ряду расположены ма-

териалы друг от друга, тем интенсивнее происходит образование зарядов статического электричества при трении между ними. Поэтому при создании машин необходимо материалы взаимодействующих между собой элементов машин выбирать одинаковыми или максимально близко расположенными в электростатическом ряду. Например, пневмотранспорт полиэтиленового порошка желательнее осуществлять по полиэтиленовым трубам. Другим способом нейтрализации зарядов статического электричества является смешение материалов, которые при взаимодействии с элементами оборудования заряжаются разноименно. Например, при трении материала, состоящего из 40 % нейлона и 60 % дакрона, о хромированную поверхность электризации не наблюдается.

Уменьшению интенсивности образования электростатических зарядов способствует снижение силы и скорости трения, шероховатости взаимодействующих поверхностей. С этой целью при транспортировании по трубопроводам огнеопасных жидкостей с большим удельным сопротивлением (например, бензина, керосина и т. п.) регламентируют предельные скорости перекачки.

Основным приемом для *устранения зарядов* является заземление электропроводных частей технологического оборудования для отвода в землю образующихся зарядов статического электричества. Для этой цели можно использовать обычное защитное заземление, предназначенное для защиты от поражения электрическим током. Если же заземление используется только для отвода зарядов статического электричества, его электрическое сопротивление может быть повышено до 100 Ом.

Эффективным способом снижения электризации материалов и оборудования на производстве является применение нейтрализаторов статического электричества и увлажнение воздуха, когда это возможно по условиям технологического процесса.

В качестве средств индивидуальной защиты от статического электричества применяют обувь на кожаной подошве или подошве из электропроводной резины. При выполнении работ сидя применяют антистатические халаты в сочетании с электропроводной подушкой стула или электропроводные браслеты, соединенные с заземляющим устройством через сопротивление $10^5 \div 10^7$ Ом.

4.2. Безопасность эксплуатации оборудования, находящегося под давлением

При осуществлении различных технологических процессов, проведении ремонтных работ широко используется различное оборудование, работающее под давлением: баллоны и емкости, наполненные сжиженными газами, паровые и водогрейные котлы, компрессоры и т. д. Сосуд, работающий под давлением – это герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических или тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворимых газов и жидкостей под давлением. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Любые сосуды, работающие под давлением, всегда представляют собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия.

Разгерметизация сосудов, работающих под давлением, достаточно часто сопровождается возникновением двух групп опасностей. Первая из них связана с взрывом сосуда или установки, работающей под давлением, в результате которого может произойти разрушение здания, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования. Вторая группа опасностей зависит от свойств веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Так, обслуживающий персонал может получить термические ожоги, если в установке находились вещества с высокой или низкой температурой. Если в сосуде находились агрессивные вещества, то работающие могут получить химические ожоги или отравление.

Обеспечение безопасности работы герметичных устройств регламентируется нормативным документом ПБ 03-576–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Правила распространяются на сосуды, работающие под давлением выше 0,07 МПа (0,7 кг/см²).

При пользовании баллонами должны соблюдаться правила перевозки, хранения, установки их в рабочее состояние, уровни наполнения и выработки, опознавательная окраска. На корпусе сосуда при изготовлении наносятся следующие данные (не краской): завод-изготовитель, заводской номер, год изготовления, рабочее и пробное давление, допустимая температура стенок. Все сосуды должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию (внутренний осмотр не реже 1 раза в 4 года) и гидравлическим испытаниям (не реже 2 раз в 8 лет). Окраска баллонов для наиболее часто используемых промышленных газов в соответствии с ПБ 03-576–03 приведена в табл. 4.1. На наружную поверхность баллонов наносится соответствующая надпись и сигнальная полоса.

К основным правилам эксплуатации баллонов относятся следующие. Газовые баллоны необходимо хранить в вертикальном положении в проветриваемом помещении или под навесами. Баллоны должны быть надежно прикреплены к стойке металлическим хомутом или цепью для предохранения от падения, а также защищены от ударов и падения на них каких-либо предметов с высоты. Баллоны не должны находиться на расстоянии менее 1 м от радиаторов отопления и ближе 10 м от открытого огня. Нельзя переносить баллоны на плечах или руками в обхват. Эксплуатировать можно только исправные баллоны, не имеющие трещин, вмятин и других дефектов. Для своевременного обнаружения этих дефектов применяют различные методы контроля: внешний осмотр сосудов, работающих под давлением, неразрушающие методы контроля (ультразвуковые, рентгеновские методы), гидравлические испытания сосудов, механические испытания материалов, из которых изготовлены сосуды, и др.

Таблица 4.1

Цвета окраски баллонов и надписей

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	черная	азот	желтый	коричневый
Аргон технический	черная	аргон технический	синий	синий
Ацетилен	белая	ацетилен	красный	красный
Водород	темно-зеленая	водород	красный	черный
Кислород	голубая	кислород	черный	черный
Углекислота	черная	углекислота	желтый	желтый

В зависимости от назначения и конкретного технологического процесса емкости для сжатых и сжиженных газов должны комплектоваться соответствующей запорной и запорно-регулирующей арматурой, приборами для измерения давления, приборами для измерения температуры, предохранительными устройствами и указателями уровня жидкости. В качестве предохранительных устройств от повышения давления выше допустимого применяются предохранительные мембраны, взрывные клапаны, пружинные предохранительные клапаны и др.

4.3. Безопасность автоматизированного и роботизированного производства

Автоматизация процессов является одним из наиболее эффективных путей производительности труда, а также улучшения условий труда рабочих.

Основными причинами воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов при использовании автоматизированного оборудования являются:

- нарушение условий эксплуатации оборудования;
- нарушения требований безопасности труда при организации автоматизированного участка, связанные с неправильной планировкой оборудования, пультов управления, транспортно-накопительных устройств;
- отказ или поломка технологического оборудования, промышленных роботов и манипуляторов;
- ошибочные действия оператора при наладке, регулировке, ремонте оборудования или во время его работы в автоматическом цикле;
- появление человека в рабочем пространстве оборудования;
- нарушение требований инструкций по технике безопасности;
- отказы в функционировании средств аварийной и диагностической сигнализации и отображения информации;
- ошибки в работе устройств программного управления и ошибки в программировании.

Универсальным средством, обеспечивающим комплексную автоматизацию производственных процессов, являются промышленные роботы (ПР). Требования безопасности к ПР и робототехническим комплексам установлены ГОСТ 12.2.072–98 «ССБТ. Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний».

Роботы необходимо оснащать средствами защиты (оградительными, предохранительными, блокирующими, сигнализирующими и др.), исключающими воздействие на обслуживающий персонал опасных и вредных производственных факторов. Эти средства защиты не должны ограничивать технологические возможности ПР и ухудшать условия их обслуживания и ремонта.

Конструкции ПР должны включать средства, обеспечивающие остановку исполнительных органов при попадании человека на ту часть рабочего пространства, где ПР работает по программе. Чтобы манипуляторы не выходили за пределы запрограммированного рабочего пространства, предусматривают жесткие упоры, рассчитанные на нагрузку с учетом динамических и статических усилий, а также концевые выключатели.

С целью обеспечения безопасности оператора система управления ПР должна иметь устройство аварийного останова, которое срабатывает при любом нарушении работоспособности ПР независимо от режима его работы, в том числе при взаимном отключении любого вида питания, которое используется в обслуживаемом оборудовании.

Особое внимание в автоматизированных производствах должно уделяться обеспечению безопасных условий труда при проведении ремонтных и наладочных работ. Для периодической смены инструмента, регулировки и подналадки станков с ЧПУ и автоматов, их смазывания и чистки, а также для мелкого ремонта в цикле работы автоматической линии должно быть предусмотрено специальное время. Все перечисленные работы должны выполняться на обесточенном оборудовании.

К работе по программированию, обучению, наладке, ремонту и эксплуатации ПР допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и получившие удостоверение на право обслуживания ПР.

На каждом предприятии должны быть разработаны и утверждены в установленном порядке инструкции по безопасности труда для каждой единицы ПР, имеющих на предприятии. Инструкции составляются для конкретной профессии (наладчик, механик, оператор, программист).

Неполадки и аварийные ситуации, возникающие в процессе эксплуатации ПР и технологического оборудования, используемого совместно с ними, должны ежедневно регистрироваться оператором, наладчиком и другими работниками в специальном журнале с целью незамедлительного их устранения.

4.4. Пожарная и взрывная безопасность

Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов.

Пожары на промышленных предприятиях, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение.

4.4.1. Основные понятия

Горение – это быстропротекающее физико-химическое превращение веществ, сопровождающееся выделением тепла и света. Для протекания процесса горения требуется наличие трех факторов:

- горючего вещества,
- окислителя,
- источника зажигания (импульса).

Чаще всего окислителем является кислород воздуха, но его роль могут выполнять и некоторые другие вещества: хлор, фтор, бром, йод и др.

Источниками зажигания могут служить случайные искры различного происхождения (электрические, возникшие в результате накопления статического электричества, искры от газо- и электросварки и т. д.), нагретые тела и др.

Различают полное и неполное горение. Процессы полного горения протекают при избытке кислорода, а продуктами реакции являются вещества, неспособные к дальнейшему окислению. Неполное горение происходит при недостатке кислорода, продуктами реакции в этом случае являются токсичные и горючие (способные к дальнейшему окислению) вещества.

Горение бывает гомогенным и гетерогенным. При *гомогенном горении* горючее вещество и окислитель имеют одинаковое агрегатное состояние, а при *гетерогенном* горении вещества имеют границу раздела (например, горение твердых или жидких веществ в контакте с воздухом).

По скорости распространения пламени различают следующие виды горения: дефлаграционное (скорость распространения пламени – десятки метров в секунду), взрывное (сотни метров в секунду) и детонационное (тысячи метров в секунду). Для пожаров характерно дефлаграционное горение.

Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов.

Вспышка – быстрое сгорание газопаровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, которое сопровождается кратковременным видимым свечением.

Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Самовоспламенение – резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающееся пламенным горением или взрывом.

Тление – беспламенное горение твердого вещества (материала) при сравнительно низких температурах (400÷600 °С), часто сопровождающееся выделением дыма.

Самовозгорание – резкое увеличение скорости экзотермических процессов в веществе, приводящее к возникновению очага горения.

Взрыв – быстрое химическое превращение среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов.

Причины возникновения пожаров на промышленных объектах можно разделить на две группы:

- нарушение противопожарного режима или неосторожное обращение с огнем;
- нарушение мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий.

Опасными факторами пожара являются:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- снижение видимости в дыму;
- пониженная концентрация кислорода;
- обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок.

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, строений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;
- воздействие огнетушащих веществ.

Пространство, в котором развивается пожар, можно условно разделить на три зоны:

- *зона горения (очаг пожара)* – это часть пространства, в которой протекают процессы термического разложения или испарения горючих веществ и материалов в объеме диффузионного факела пламени. Данная зона может ограничиваться ограждениями здания, стенками технологических установок, аппаратов. Внешними признаками зоны активного горения является наличие пламени, а также тлеющих или раскалённых материалов;

- *зона теплового воздействия* – это пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека;

- *зона задымления* – это часть пространства, примыкающая к зоне горения и заполненная дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу для жизни и здоровья людей. Зона задымления считается без-

опасной, если видимость предметов составляет 6÷12 м, концентрация кислорода не менее 17 %, а токсичность газов не представляет опасности для людей, находящихся без средств противодымной защиты.

Важнейшими параметрами пожаров, определяющими условия пожаротушения, являются пожарная нагрузка и скорость выгорания пожарной нагрузки.

Пожарная нагрузка – масса всех материалов, находящихся на объекте, отнесенная к площади пола помещения. Если материалы находятся на открытом воздухе, то их массу относят к площади поверхности.

Скорость выгорания пожарной нагрузки характеризуется потерей массы горючих материалов с единицы поверхности с течением времени.

Пожаровзрывоопасность веществ характеризуется многими параметрами, основные из которых рассмотрены ниже.

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает. Температура вспышки используется для характеристики всех горючих жидкостей по пожарной безопасности. По этому показателю горючие жидкости делятся на два класса: легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) – с температурой вспышки ≤ 61 °С (бензин, этиловый спирт, ацетон и др.) и горючие (ГЖ) – с температурой вспышки выше 61 °С (масло, мазут, формалин и др.).

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Значение температуры воспламенения применяется при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Температура самовоспламенения – наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.

Значение температуры самовоспламенения применяют при определении группы взрывоопасной смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, а также при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) – это минимальное (нижний предел – НКП) и максимальное (верхний предел – ВКП) содержание горючего вещества в однород-

ной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Температура тления – температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением тления.

По горючести вещества и материалы подразделяются на следующие группы:

1) негорючие – вещества и материалы, неспособные гореть в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

2) трудногорючие – вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;

3) горючие – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

4.4.2. Классификация помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», принятый 22 июля 2008 г., определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям и сооружениям, промышленным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения.

Исходя из пожароопасных свойств веществ и условий их применения или обработки, все здания сооружения, строения и помещения по взрывопожарной и пожарной опасности делятся на пять категорий (СП12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»). Классификация проводится для выработки требований к устройствам пожарной сигнализации, оснащению средствами пожаротушения и установлению правил пожарной безопасности. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Помещения по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В1 – В4, Г и Д, а здания – на категории А, Б, В, Г и Д.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. 4.2.

Таблица 4.2

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
<p align="center">А повышенная взрывопожаро- опасность</p>	<p>Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.</p> <p>Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа</p>
<p align="center">Б взрывопожаро- опасность</p>	<p>Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа</p>
<p align="center">В1–В4 пожароопас- ность</p>	<p>Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б</p>
<p align="center">Г умеренная по- жароопасность</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива</p>
<p align="center">Д пониженная пожароопас- ность</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии</p>
<p><i>Примечание.</i> Отнесение помещения к категориям В1–В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.</p>	

Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности определяются, исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании по СП12.13130.2009.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) регламентируют устройство электрооборудования в производственных помещениях и в наружных технологических установках на основе классификации взрывоопасных зон и смесей. Взрывоопасность зон характеризуется возможностью выделения горючих газов, ЛВЖ или горючих пылей с НКП $\leq 65 \text{ г/м}^3$. Выделяют следующие зоны:

- зона класса В-Ia – помещения, в которых взрывоопасные смеси в объеме более 5 % объема помещения образуются лишь при авариях и неисправностях;
- зона класса В-Iг – наружные установки, содержащие горючие газы и ЛВЖ;
- зона класса В-II – помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные смеси при нормальном режиме работы;
- зона класса В-IIa – помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные пылевоздушные смеси только при авариях и неисправностях.

К пожароопасным зонам в ПУЭ относятся следующие помещения и наружные установки:

- зона класса П-I – помещения с ГЖ;
- зона класса П-II – помещения, в которых по условиям технологического процесса выделяются горючие пыли с НКП $> 65 \text{ г/м}^3$;
- зона класса П-IIa – помещения, в которых содержатся твердые горючие материалы, не образующие взрывоопасные смеси;
- зона класса П-III – наружные установки с ГЖ или твердыми горючими материалами.

4.4.3. Пожарная профилактика

Пожарная профилактика при проектировании и строительстве промышленного предприятия включает решение следующих вопросов:

- повышение огнестойкости зданий и сооружений;
- зонирование территории;
- применение противопожарных разрывов;
- применение противопожарных преград;
- обеспечение безопасной эвакуации людей на случай возникновения пожара;
- обеспечение удаления из помещения дыма при пожаре.

Под **огнестойкостью** понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в услови-

ях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции. Время (в часах) от начала испытания конструкции на огнестойкость до момента, при котором она теряет способность сохранять несущие или ограждающие функции, называется **пределом огнестойкости**. Потеря несущей способности определяется обрушением конструкции, потеря ограждающей способности – образованием в несущих конструкциях трещин, через которые в соседние помещения могут проникать продукты горения и пламя.

Степень огнестойкости зданий определяется огнестойкостью его конструкций по СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Повысить огнестойкость зданий и сооружений можно оштукатуриванием конструкций, огнезащитной пропиткой древесины антипиринами – химическими веществами, придающими ей негорючесть, покрытием конструкций огнезащитными красками.

Зонирование территории заключается в группировании при генеральной планировке предприятий в отдельные комплексы объектов, родственных по функциональному назначению и признаку пожарной опасности. При этом сооружения с повышенной пожарной опасностью располагаются с подветренной стороны. Должен быть обеспечен беспрепятственный проезд пожарных автомобилей к любому зданию.

Для того чтобы огонь при пожаре не распространяться с одного здания на другое, их располагают на определенном расстоянии друг от друга, называемом **противопожарным разрывом**. Для ограничения распространения пожара внутри здания предназначены **противопожарные преграды**. К ним относятся стены, перекрытия, двери с пределом огнестойкости не менее 2,5 ч.

При проектировании и строительстве зданий необходимо предусмотреть **пути эвакуации** работающих на случай возникновения пожара. В производственных помещениях должно быть, как правило, не менее двух эвакуационных выходов. Минимальная ширина коридора или прохода определяется расчетом, но должна быть не менее 1,0 м. Ширина эвакуационного выхода из производственного здания принимается в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, и должна быть не менее 0,8 м.

В специальной литературе регламентируются и другие условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре.

Удаление газов и дыма из горящих помещений производится через оконные проемы, а также аэрационные фонари и с помощью специальных дымовых люков.

4.4.4. Способы и средства тушения пожаров

Несмотря на принимаемые меры, на производстве в любой момент может возникнуть необходимость локализации (тушения) пожара. Выбор методов и средств тушения пожаров зависит от объекта, характеристики горящих материалов и класса пожара (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Классификация пожаров

Класс пожара	Характеристики горящих материалов и веществ	Огнетушащие составы
А	Горение твердых горючих материалов, кроме металлов (дерево, уголь, бумага и др.)	Вода и другие средства
В	Горение жидкостей и плавящихся материалов	Распыленная вода, пена, порошки
С	Горение газов	Газовые составы, порошки, вода для охлаждения
Д	Горение металлов и их сплавов (Na, Mg, Al и др.)	Порошки при их спокойной подаче на горящую поверхность
Е	Горение оборудования, находящегося под напряжением	Порошки, углекислый газ, хладоны

Для тушения пожара необходимо исключить одно из трех необходимых его условий: горючее вещество, окислитель или источник зажигания. Для этого используют следующие способы:

- прекращение доступа в зону горения окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества, а также снижение их поступления до величин, при которых горение прекращается;
- охлаждение очага горения ниже определённой температуры;
- механический срыв пламени струёй жидкости или газа;
- снижение скорости химической реакции, протекающей в пламени.

Огнегасительными называются вещества, которые при введении в зону сгорания прекращают горение. Основные огнегасительные вещества и материалы – это вода и водяной пар, пена, песок, инертные газы, сухие (твёрдые) огнегасительные вещества и др.

Вода является наиболее распространённым средством тушения пожара. Попадая в зону горения, вода нагревается и испаряется, поглощая большое количество теплоты. При испарении воды образуется большое количество пара, который затрудняет доступ воздуха к очагу горения. Сильная струя воды может сбить пламя, что облегчает тушение пожара. Воду не применяют для тушения щелочных металлов, карбида кальция,

легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, плотность которых меньше воды, так как они всплывают и продолжают гореть на поверхности воды. Вода хорошо проводит электрический ток, поэтому её не используют для тушения электроустановок, находящихся под напряжением.

Химические и воздушно-механические пены применяют для тушения твёрдых и жидких веществ, не взаимодействующих с водой, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей и др. Химическая пена образуется при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии пенообразователя. Воздушно-химическая пена состоит из смеси воздуха, воды и пенообразователя. Одной из характеристик пен является кратность, т. е. отношение объёма пены к объёму её жидкой фазы.

Применение *инертных и негорючих газов* (аргон, азот, углекислый газ, хладоны и др.) основано на разбавлении воздуха и снижении в нём концентрации кислорода до значений, при которых горение прекращается.

Для тушения пожаров применяются *водные растворы солей*, например, бикарбоната натрия, хлоридов кальция и аммония, глауберовой соли и др. Соли, выпадая из водного раствора, образуют на поверхности горящего вещества изолирующие плёнки, отнимающие теплоту. При разложении солей выделяются негорючие газы.

Для ликвидации небольших загораний, не поддающихся тушению водой и другими огнетушащими средствами, используют *порошковые составы*. К ним относятся хлориды щелочных и щелочно-земельных металлов, двууглекислый и углекислый натрий, поташ, квасцы и т. п. Огнегасительное действие этих веществ заключается в том, что они своей массой, особенно при плавлении, изолируют зону горения от окислителя, образуя плотную плёнку.

Средства пожаротушения подразделяют на первичные, стационарные и передвижные (пожарные автомобили).

Первичные средства используют для ликвидации небольших пожаров и загораний. Их обычно применяют до прибытия пожарной команды. К первичным средствам относятся передвижные (свыше 25 л) и ручные (до 10 л) огнетушители, переносные огнегасительные установки, внутренние пожарные краны, ящики с песком, асбестовые покрывала, противопожарные щиты с набором инвентаря и др.

Огнетушители в зависимости от вида огнегасительного средства, находящегося в них, делятся на водные, углекислотные, пенные, хладонные, порошковые. Огнетушители маркируются буквами, характеризующими вид огнетушителя по разряду, и цифрой, обозначающей его объём в литрах.

Углекислотные огнетушители (ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8) используют для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В и некоторых материалов (рис. 4.5).

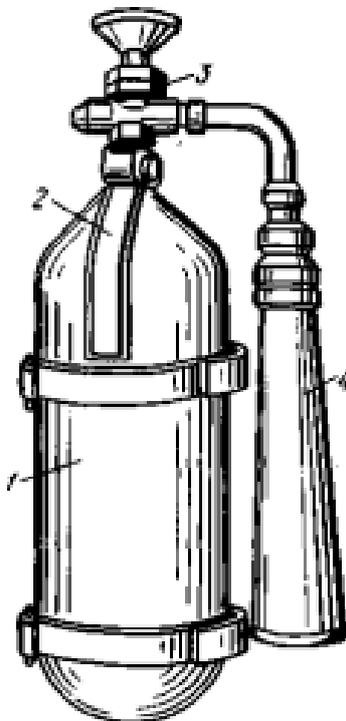


Рис. 4.5. Огнетушитель ОУ-2: 1 – баллон; 2 – курок; 3 – вентиль; 4 – раструб

Порошковые огнетушители (ОПС-6, ОПС-10) предназначены для тушения металлов, ЛВЖ, ГЖ, кремнийорганических соединений, установок, работающих под напряжением до 1000 В.

Из **химических пенных огнетушителей** наиболее распространены на практике ОХП (рис. 4.6). Их применяют для ликвидации загораний твёрдых материалов и горючих жидкостей (при малых площадях горения).

Воздушно-пенные огнетушители марок ОВП-5, ОВП-10 используют для тушения загораний ЛВЖ, ГЖ, большинства твёрдых материалов (кроме металлов). Их нельзя использовать для тушения электроустановок, находящихся под напряжением.

Хладоновые огнетушители маркируются как ОХ (ОХ-3, ОХ-7) или ОАХ-0,5 (в аэрозольной установке).

Жидкостные огнетушители заполнены водой с добавками, например, ОЖ-7.

Размещают огнетушители в легкодоступных местах. Воздействие на огнетушители отопительных приборов, прямых солнечных лучей недопустимо.

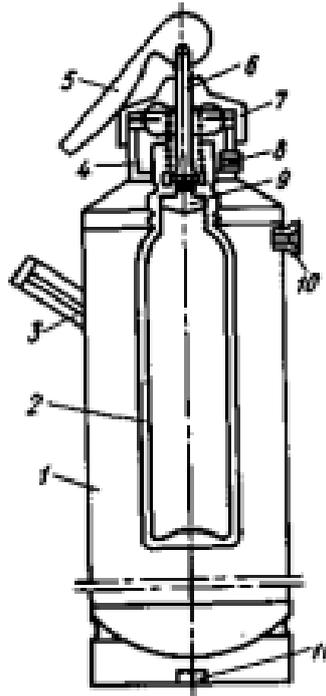


Рис. 4.б. Схема химического пенного огнетушителя ОХП-10:
 1 – корпус; 2 – кислотный стакан; 3 – боковая ручка; 4 – горловина;
 5 – рукоятка; 6 – шток; 7 – крышка; 8 – распыл; 9 – клапан;
 10 – предохранитель; 11 – нижняя ручка

Стационарные установки предназначены для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения. Они запускаются автоматически или с помощью дистанционного управления. Эти установки заправляются водой, пеной, негорючими газами, порошковыми составами или паром.

Спринклерные водяные установки состоят из системы водопроводных труб, проложенных под потолком, постоянно заполненных водой. При повышении температуры воздуха или воздействии пламени легкоплавкие замки спринклерных головок расплавляются, вода выходит из отверстий, орошая зону защиты.

Дренчерные установки представляют собой так же систему трубопроводов, но головки этих установок, в отличие от спринклерных, постоянно открыты. Вода поступает при срабатывании специальных клапанов или при открывании задвижек ручным способом.

Успех ликвидации пожара на производстве зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Для этого используется **система пожарной сигнализации**. Пожарная сигнализация может быть электрическая и автоматическая. Электрическая сигнализация состоит из извещателей, установленных на видных местах в производственных помещениях, а также и вне их, для того чтобы возникший вблизи пожар не мог препятствовать подходу к извещателю. В автоматической пожарной сиг-

нализации используют датчики, реагирующие на повышение температуры до определённого уровня, на излучение открытого пламени, дым. Применение того или иного извещателя определяется характером возможного пожара, контролируемой площадью, условиями производства.

4.4.5. Молниезащита

Молниезащита включает комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, возможных при воздействии молний.

Когда напряженность электрического поля атмосферы превышает критическое значение, возникает разряд, сопровождающийся ярким свечением – *молнией* и звуком (громом). Сила тока в канале молнии достигает $2 \cdot 10^5$ А, температура составляет $6000 \div 10000$ °С и более, время существования молнии $0,1 \div 1$ с.

Различают три типа воздействия тока молнии: прямой удар, вторичное воздействие заряда молнии и занос высоких потенциалов (напряжения) в здания. Прямой удар молнии может вызвать пожар и произвести разрушение сооружений. Вторичное воздействие разряда молнии заключается в наведении в замкнутых токопроводящих контурах (трубопроводах, электропроводах и др.), расположенных внутри зданий, электрических токов. Эти токи могут вызвать искрение или нагрев металлических конструкций, что может стать причиной пожара или взрыва в помещениях, где используются горючие или взрывоопасные вещества. К этим же последствиям может привести и занос высоких потенциалов по любым металлоконструкциям, находящимся внутри зданий и сооружений.

Для всех зданий и сооружений, не связанных с производством и хранением взрывчатых веществ, а также для линий электропередач и контактных сетей проектирование и изготовление молниезащиты выполняется в соответствии с требованиями «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122–2003. Согласно письму Управления по надзору в электроэнергетике Ростехнадзора от 01.12.2004 г. № 10-03-04/182 «О совместном применении РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122-2003» проектные организации вправе использовать при определении исходных данных и при разработке защитных мероприятий как упомянутую инструкцию, так и «Инструкцию по молниезащите зданий и сооружений» РД 34.21.122–87.

Согласно действующим нормативным документам выбор конструкции и расчет параметров молниезащиты должен производиться на основе данных о защищаемом объекте (назначения, наличия взрыво- и

пожароопасных зон, огнестойкости и др.) и ожидаемом количестве поражений молнией в год. Последнее определяется исходя из сведений об интенсивности грозовой деятельности и геометрических размеров защищаемого объекта.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя молниезащитная система).

Внутренняя молниезащита представляет собой совокупность устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Назначение УЗИП – защитить электрическое и электронное оборудование от перенапряжений в сети, вызванных резистивными и индуктивными связями, возникающих под воздействием тока молнии.

Внешняя молниезащитная система (молниеотвод) состоит из молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии, токоотвода (спуска), соединяющего молниеприемник с заземлителем, заземлителя, через который ток молнии стекает в землю (рис. 4.7). Вертикальную конструкцию (столб или мачту) или часть сооружения, предназначенную для закрепления молниеприемника и токоотвода, называют опорой молниеотвода.



Рис. 4.7. Молниеотвод стержневой: 1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – заземлитель

По типу молниеприемников молниеотводы делят на стержневые, тросовые и сеточные, укладываемые на защищаемое здание; по числу и общей зоне защиты – на одиночные, двойные и многократные. Кроме того, различают молниеотводы отдельно стоящие, изолированные и не изолированные от защищаемого здания.

Стержневые молниеотводы представляют собой вертикальные стержни или мачты, тросовые – горизонтальные стальные канаты и провода, закрепленные на двух и более опорах, по каждой из которых прокладывают токоотвод к отдельному заземлителю. У сеточных молниеотводов молниеприемником служит металлическая сетка, присоединяемая токоотводом к заземлителю. Чаще используют стержневые молниеотводы.

Все объекты по требованиям к устройству их молниезащиты подразделяются на обычные и специальные. Классификация объектов определяется по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения.

Обычные объекты – это жилые и административные строения, а также здания и сооружения, высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

Специальные объекты – объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения:

- для социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы);
- прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

По уровню молниезащиты объекты подразделяются на четыре класса. В табл. 4.4 приводятся примеры разделения объектов на классы.

Таблица 4.4

*Примеры классификации объектов по уровню молниезащиты
(извлечение из СО 153-34.21.122-2003)*

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычный	Жилой дом	Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом
	Театр; школа; универсам; спортивное сооружение	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий
	Промышленные предприятия	Дополнительные последствия, зависящие от условий производства - от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции
Специальный с ограниченной опасностью	Средства связи; электростанции; пожароопасные производства	Недопустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенная опасность пожара для соседних объектов
Специальный, представляющий опасность для непосредственного окружения	Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков	Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости
Специальный, опасный для экологии	Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории	Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды

Для обычных объектов, к которым относятся жилые и общественные здания и сооружения, в СО 153-34.21.122-2003 предусмотрено четыре уровня надежности защиты от прямых ударов молнии, указанные в табл. 4.5.

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах $0,9 \div 0,999$ в зависимости от степени его общественной значимости и тяжести ожидаемых последствий от ПУМ по согласованию с органами государственного контроля.

При проектировании устройств молниезащиты объекта требуется установить его класс, принять необходимый уровень надежности защиты от прямых ударов молнии, определить объем защитных мер от вторичных воздействия молнии.

Таблица 4.5

Уровни защиты от прямых ударов молнии для обычных объектов

Уровень защиты	Надежность защиты от ПУМ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Защитное действие молниеотвода характеризуется зоной защиты, под которой понимается пространство, защищенное с определенной вероятностью от попадания молнии.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рис. 4.8). Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса h_0 и радиусом конуса на уровне земли r_0 .

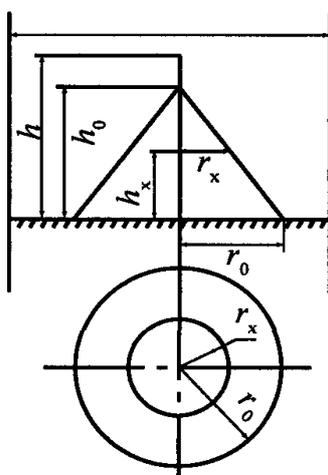


Рис. 4.8. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Для молниеотводов высотой до 150 м пригодны расчетные формулы, приведенные в табл. 4.6.

Для зоны защиты требуемой надежности радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x определяется по формуле:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}.$$

Таблица 4.6

Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	От 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	От 100 до 150	$0,85h$	$[1,2-10^{-3}(h-100)]h$
0,99	От 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	От 30 до 100	$0,8h$	$[0,8-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,8-10^{-3}(h-100)]h$	$0,7h$
0,999	От 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	От 30 до 100	$[0,7-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,65-10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Для молниеотводов выше 150 м следует пользоваться специальной методикой расчета.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое действие оказывает электрический ток на организм человека?
2. От каких факторов зависит исход поражения электрическим током?
3. Как классифицируются помещения по степени опасности поражения электрическим током?
4. Что такое напряжение шага?
5. Что такое напряжение прикосновения?
6. Назовите организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
7. Назовите основные технические средства защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок.
8. В чем сущность заземления и зануления электроустановок?
9. Дайте определение основных и дополнительных электротехнических средств, приведите примеры.
10. По каким двум направлениям осуществляется защита от статического электричества?
11. Какие сосуды относятся к сосудам, работающим под давлением?

12. Что такое пожар и горение?
13. Каковы причины пожаров и взрывов?
14. Назовите основные опасные факторы пожара.
15. Назовите характеристики пожаровзрывоопасности веществ.
16. По каким признакам классифицируются производственные помещения по пожарной и взрывопожарной опасности?
17. Что такое огнестойкость строительных конструкций и как она оценивается?
18. Каковы основные мероприятия по предупреждению пожаров?
19. Назовите первичные средства тушения пожаров.
20. Назовите основные требования к молниезащите зданий и сооружений.

Тесты к главе 4

1. Пороговым фибрилляционным током называют наименьшее значение силы тока, вызывающего при прохождении через организм человека

- 1) осязаемые раздражения;
- 2) судорожные сокращения мышц рук, в результате чего человек самостоятельно не может оторваться от токоведущих частей оборудования;
- 3) фибрилляцию сердца.

2. Пороговым неотпускающим током называют наименьшее значение силы тока, вызывающего при прохождении через организм человека

- 1) осязаемые раздражения;
- 2) судорожные сокращения мышц рук, в результате чего человек самостоятельно не может оторваться от токоведущих частей оборудования;
- 3) фибрилляцию сердца.

3. Укажите менее опасный путь прохождения электрического тока через организм человека:

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1) нога–нога; | 2) голова–рука; |
| 3) рука–рука; | 4) рука–нога. |

4. При расчетах сопротивления тела человека току промышленной частоты считают неизменным и равным

- | | |
|-------------|--------------|
| 1) 500 Ом; | 2) 1000 Ом; |
| 3) 5000 Ом; | 4) 10000 Ом. |

5. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него электролитическое воздействие, которое проявляется в

- 1) нагреве тканей и биологических сред, ожогах;
- 2) разложении крови и плазмы;
- 3) разрыве и расслоении тканей;
- 4) раздражении и возбуждении нервных волокон, сокращении мышц и параличе дыхания и сердца.

6. Как зависит величина шагового напряжения от размера шага?

- 1) чем > шаг, тем > напряжение шага;
- 2) чем > шаг, тем < напряжение шага;
- 3) не зависит.

7. Как классифицируются производственные помещения по степени опасности поражения электрическим током?

- 1) безопасные и опасные;
- 2) с ограниченной опасностью, с повышенной опасностью, безопасные;
- 3) особо опасные, с повышенной опасностью и без повышенной опасности.

8. Укажите признак помещений с повышенной опасностью (по степени опасности поражения электрическим током):

- 1) температура > 35°C;
- 2) относительная влажность 100 %;
- 3) наличие химически активной среды.

9. Укажите признак помещений с повышенной опасностью (по степени опасности поражения электрическим током):

- 1) наличие токопроводящего пола;
- 2) температура > 35 °C и наличие токопроводящего пола;
- 3) наличие химически активной среды.

10. Укажите признак помещений особо опасных (по степени опасности поражения электрическим током):

- 1) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлическим конструкциям здания и к металлическим корпусам оборудования;
- 2) наличие химически активной среды;
- 3) температура >35°C.

11. Укажите признак помещений особо опасных (по степени опасности поражения электрическим током):

- 1) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлическим конструкциям здания и к металлическим корпусам оборудования;

- 2) наличие токопроводящего пола;
- 3) температура $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и наличие токопроводящего пола.

12. К какой категории по опасности поражения электрическим током относится помещение, характеризующееся наличием особой сырости (влажность $\sim 100\%$)?

- 1) с повышенной опасностью;
- 2) особо опасное;
- 3) без повышенной опасности.

13. К какой категории по опасности поражения электрическим током относится помещение, характеризующееся наличием возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлическим конструкциям здания и к металлическим корпусам оборудования?

- 1) с повышенной опасностью;
- 2) особо опасное;
- 3) без повышенной опасности.

14. Защитным заземлением называют преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, с ...

- 1) землей или ее эквивалентом;
- 2) нулевым защитным проводником;
- 3) вспомогательным электродом.

15. На предупреждающем плакате возможна следующая надпись:

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1) Заземлено; | 2) Влезать здесь; |
| 3) Не влезай. Убьет!; | 4) Не включать. Работают люди. |

16. На запрещающем плакате возможна следующая надпись:

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1) Заземлено; | 2) Работать здесь; |
| 3) Не влезай. Убьет!; | 4) Не включать. Работают люди. |

17. Как называется процесс быстропротекающего физико-химического превращения веществ, сопровождающийся выделением тепла и пламени?

- | | | |
|-------------|-----------|-----------|
| 1) горение; | 2) пожар; | 3) взрыв. |
|-------------|-----------|-----------|

18. Какие факторы требуются для протекания процесса горения?

- 1) горючее вещество и кислород;
- 2) горючее вещество, пенообразователь, источник зажигания;
- 3) горючее вещество, окислитель, источник зажигания.

19. Способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции – это:

- 1) предел температурный;
- 2) предел эксплуатационный;
- 3) огнепрочность;
- 4) огнестойкость.

20. Укажите установленные обозначения категорий производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

- 1) А, В, С, Д, Е;
- 2) А, Б, В, Г, Д;
- 3) В-I, В-II, В-III, П-I, П-II, П-III;
- 4) помещения с повышенной опасностью, особо опасные, без повышенной опасности.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

5.1. Основные понятия. Классификация чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС (ГОСТ Р 22.0.02–94 «БЧС. Термины и определения основных понятий»).

ЧС могут быть классифицированы по значительному числу признаков:

- по происхождению (антропогенные, природные);
- по продолжительности (кратковременные затяжные);
- по характеру (преднамеренные, непреднамеренные);
- по масштабу распространения.

Классификация ЧС по масштабу распространения. В основу классификации, утвержденной Правительством Российской Федерации постановлением № 1094 от 13.09.96, положены масштабы ЧС. ЧС классифицируются в зависимости от количества пострадавших людей или людей, у которых нарушены условия жизнедеятельности, размера материального ущерба, а также границ зон распространения поражающих факторов ЧС.

К **локальной** относится ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда (МРОТ) на день возникновения ЧС, и зона ЧС не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К **местной** относится ЧС, в результате которой пострадало от 10 до 50 человек либо нарушены условия жизнедеятельности от 100 до 300 человек, либо материальный ущерб составляет от 1 тыс. до 5 тыс. МРОТ на день возникновения ЧС, и зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К **территориальной** относится ЧС, в результате которой пострадало от 50 до 500 человек либо нарушены условия жизнедеятельности от 300 до 500 человек, либо материальный ущерб составляет от 5 тыс. до 0,5 млн. МРОТ, и зона ЧС не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

К **региональной** относится ЧС, в результате которой пострадало от 50 до 500 человек либо нарушены условия жизнедеятельности от 500 до 1000 человек, либо материальный ущерб составляет от 0,5 до 5 млн. МРОТ, и зона ЧС охватывает территорию двух субъектов РФ.

К **федеральной** относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 500 человек либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. МРОТ, и зона ЧС выходит за пределы двух субъектов РФ.

К **трансграничной** относится ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ, или ЧС, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию РФ.

Классификация ЧС по происхождению. По происхождению чрезвычайные ситуации делятся по следующим признакам: природного характера, техногенного характера, биолого-социального характера, экологического характера.

ЧС природного характера возникают при естественных природных явлениях, происходящих в окружающей среде, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. К природным чрезвычайным ситуациям относятся:

- геофизические опасные явления – землетрясения, извержения вулканов и т. д.;
- геологические опасные явления – оползни, сели, обвалы, лавины, пыльные бури и т. д.;
- метеорологические опасные явления – бури, ураганы, смерчи, ливни, снежные заносы, заморозки, суховей, засуха и т. д.;
- гидрологические опасные явления – наводнения, паводки, половодья, подтопление и т. д.;
- морские гидрологические опасные явления – штормы, тайфуны, цунами, напор льдов и т. д.;
- гидрогеологические опасные явления – опасно высокие уровни грунтовых вод и т. д.;
- природные пожары – лесные, торфяные, пожары степных и хлебных массивов.

Техногенные ЧС связаны с производственной деятельностью человека и классифицируются по типам аварий, которые являются источниками основных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера, и частично характеризуют также сферу и особенности проявления этих опасных событий.

- транспортные аварии – аварии на автомобильном, железнодорожном, авиационном, морском, и других видах транспорта;
- пожары и взрывы – в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов, в зданиях, сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения;
- аварии с выбросом химически опасных веществ при их производстве, переработке, транспортировке;
- аварии с выбросом радиоактивных веществ – аварии на АЭС, аварии с боеприпасами, аварии при транспортировке и хранении радиоактивных веществ;
- аварии с выбросом биологически опасных веществ на предприятиях промышленности и в научно-исследовательских учреждениях, а также при их транспортировке;
- внезапное обрушение зданий – обрушение производственных и жилых зданий и сооружений, транспортных коммуникаций;
- аварии на электроэнергетических системах – аварии на электростанциях, электрических системах и транспортных электроконтактных сетях;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения – аварии в канализационных системах, на тепловых сетях, в системах водоснабжения, на коммунальных газопроводах;
- аварии на очистных сооружениях сточных вод и промышленных газов;
- гидродинамические аварии – прорыв платин дамб, шлюзов затопления территорий и населенных мест.

ЧС биолого-социального характера обусловлены жизнедеятельностью болезнетворных (патогенных) микроорганизмов. К ним относятся:

- эпидемии – массовое распространение инфекционных заболеваний людей;
- эпизоотии – массовое распространение инфекционных заболеваний сельскохозяйственных животных;
- эпифитотии – массовое распространение инфекционных заболеваний и вредителей сельскохозяйственных растений.

ЧС экологического характера – это чрезвычайные ситуации вызванные изменением состояния суши, атмосферы, гидросферы, биосферы в результате деятельности человека.

В развитии ЧС любого вида можно выделить четыре характерные стадии:

1. Накопление факторов риска.
2. Инициирование ЧС. На этой стадии факторы риска достигают такого состояния, когда в силу различных причин уже невозможно сдержать их внешние проявления.
3. Процесс самой ЧС. В этой стадии происходит высвобождение факторов риска и начинается их воздействие на людей и окружающую среду.
4. Стадия затухания. Эта стадия охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности, т.е. локализации поражающих факторов ЧС, до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий.

5.2. Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайные ситуации порождают разнообразные факторы, способные в момент возникновения оказать вредное или губительное воздействие на человека, животных и растительный мир, а также на объекты народного хозяйства. Как правило, в результате этого воздействия происходит гибель или опасные для здоровья поражения людей, заметно снижающие работоспособность, полное разрушение или снижение производительных возможностей объектов народного хозяйства.

Эти факторы принято называть поражающими. По механизму своего воздействия они могут являться первичными или вторичными, а также носить комбинированный характер.

К основным поражающим факторам ЧС относятся:

1. *Механический фактор* – повреждения, вызванные ударной волной, которая возникает при взрывах боеприпасов, технологических взрывах, а также при воздействии сейсмических волн при землетрясениях. Ударная волна – это область резкого сжатия среды, которая в виде сферического слоя распространяется во все стороны от места взрыва со сверхзвуковой скоростью. При этом возникают избыточное давление – разность между нормальным атмосферным и максимальным давлением во фронте ударной волны. Поражающее действие ударной волны зависит от избыточного давления, ее скорости, времени воздействия и положения человека или объекта по отношению к фронту ее распространения. Механическое воздействие на организм человека может происходить также вследствие обвалов, придавливания падающими деревьями, разрушенными конструкциями зданий, падения с высоты и т. д.

2. *Термический фактор* – это воздействие высоких и низких температур. При резком повышении температуры возникают пожары, при снижении – замораживаются тепло- и водосети, останавливается работа отдельных предприятий и транспорта и т. д. Результатом действия термического поражающего фактора на человека являются ожоги тела или обморожения.

3. *Химический фактор* – отравления вследствие выбросов сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) при авариях на производстве, транспорте, в сельском хозяйстве, в быту.

4. *Радиационный фактор* – возникает при авариях на АЭС и других радиационно-опасных объектах, при взрывах ядерных боеприпасов и в ряде других случаев. При этом возможно облучение людей в момент возникновения ЧС и при заражении радиоактивными веществами окружающей среды. Радиационные поражения могут носить характер местных проявлений, острой или хронической лучевой болезни.

5. *Биологический или бактериологический фактор* – массовые эпидемии, заболевания особо опасными инфекциями. Заражение окружающей среды бактериальными агентами возможно при грубых нарушениях санитарно-гигиенических правил эксплуатации объектов водоснабжения и канализации, режима работы отдельных учреждений, нарушении технологии в работе предприятий пищевой промышленности и в ряде других случаев.

6. *Психоэмоциональное воздействие* – непатологические психоэмоциональные реакции (чувство страха, тревоги, беспокойства) и патологические состояния (расстройства сознания, психические расстройства), возникающие у людей, находящихся в экстремальных ситуациях.

Опасные и вредные факторы чрезвычайной ситуации, воздействуя на конкретную территорию с расположенными на ней населением, сооружениями, флорой и фауной, образуют **очаг поражения**.

При этом различают:

- простой очаг поражения – это очаг поражения, возникший под воздействием одного поражающего фактора (например, разрушения от взрыва или пожара);

- сложный очаг поражения – это очаг поражения, образовавшийся в результате действия нескольких поражающих факторов (например, вследствие взрыва произошли разрушения конструкций, вызвавшие пожар и разгерметизацию емкостей с химически опасными веществами).

Чаще всего очаги поражения сложные. Например, землетрясения приносят не только разрушения, но и пожары, инфекционные заболевания и психические расстройства оставшихся в живых жителей.

Формы очагов поражения зависят от природы источника, например, при землетрясении – круглая форма, ураган образует форму в виде полосы, а пожар или оползень образуют очаг поражения неправильной формы.

5.3. Устойчивость производства в чрезвычайных ситуациях

Устойчивость работы объектов народного хозяйства в ЧС определяется их способностью выполнять свои функции в этих условиях, а также приспособленностью к восстановлению в случае повреждения. В условиях ЧС промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, а транспорт, средства связи, линии электропередач и прочие объекты, не производящие материальные ценности, – обеспечивать нормальное выполнение своих передач.

Повышение устойчивости производственных объектов достигается за счет проведения соответствующих организационно–технических мероприятий, которым предшествует исследование устойчивости конкретного объекта.

На первом этапе исследования анализируют устойчивость и уязвимость отдельных элементов промышленного объекта в условиях ЧС, а также оценивают опасность выхода из строя или разрушения элементов или всего объекта в целом. На этом этапе анализируют надежность установок и технологических комплексов, последствия аварий отдельных систем производства, распространение ударной волны по территории предприятия при взрывах, распространение огня при пожарах, возможность вторичного образования токсичных, пожаровзрывоопасных смесей и т. п.

На втором этапе исследования разрабатывают мероприятия по повышению устойчивости и подготовке объекта к восстановлению после ЧС.

На устойчивость работы объекта в условиях ЧС оказывают влияние следующие факторы:

- район расположения объекта;
- внутренняя планировка и застройка территории объекта; подготовленность персонала к работе в ЧС;
- надежность системы управления производством; характеристика технологического процесса (используемые вещества, методы обработки и проч.) и ряд других.

Рассмотрим пути повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем и объектов.

Для повышения устойчивости систем электроснабжения электроэнергия должна поступать с двух направлений, а при питании с одного направления необходимо предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы). Целесообразно заменить воздушные линии электропередачи кабельными (подземными) сетями.

Трансформаторные помещения, распределительная аппаратура и приборы должны быть надежно защищены, в том числе и от электромагнитного импульса ядерного взрыва.

Основные мероприятия по увеличению устойчивости систем газоснабжения следующие: сооружение подземных обводных газопроводов, обеспечивающих подачу газа в аварийных условиях; создание на предприятиях аварийного запаса альтернативного вида топлива (угля, мазута); осуществление газоснабжения объекта от нескольких источников; создание подземных хранилищ газа высокого давления; использование на закольцованных системах газоснабжения отключающих устройств, установленных на распределительной сети.

При проектировании систем водоснабжения ответственные элементы целесообразно размещать ниже поверхности земли, что повышает устойчивость. Для города надо иметь два – три источника водоснабжения, а для промышленных магистралей – не менее двух-трех вводов от городских магистралей. Следует предусмотреть возможность ремонта данных систем без их остановки и отключения водоснабжения других потребителей.

В результате разрушения системы водоснабжения сточных вод создаются условия для развития болезней и эпидемий. Повышение устойчивости системы канализации достигается созданием резервной сети труб, по которым может отводиться загрязненная вода при аварии основной сети. Должна быть разработана схема аварийного выпуска сточных вод непосредственно в водоемы. Насосы, используемые для перекачки загрязненной воды, комплектуются надежными источниками электропитания.

Основным способом повышения устойчивости внутреннего оборудования тепловых сетей является их дублирование. Необходимо также обеспечить возможность отключения поврежденных участков теплосетей без нарушения ритма теплоснабжения потребителей, а также создать системы резервного теплоснабжения.

Повышение устойчивости подземных коммуникаций и транспортных сооружений от воздействия ударной волны достигается повышением прочности и жесткости конструкций.

Для повышения устойчивости складов и хранилищ ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ в условиях ЧС следует переводить указанные материалы на хранение из надземных складов в подземные, использовать эти вещества при поступлении на объект, минуя склад, или хранить их в минимальном количестве. Защита емкостей с ядовитыми и легковоспламеняющимися жидкостями осуществляется путем устройства земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости.

Необходимо уделять значительное внимание защите рабочих и служащих. Для этого на объектах строятся убежища и укрытия, создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения о возникновении ЧС. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения ЧС, а также быть обученным выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения.

5.4. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций

Спасательные и другие неотложные работы в очагах поражения включают:

- разведку очага поражения, в результате которой получают истинные данные о сложившейся обстановке, определяют объемы работ, уточняют способы ведения спасательных и аварийных работ, разрабатывают план ликвидации последствий ЧС;
- поиск и освобождение из-под завалов пострадавших;
- эвакуацию людей из опасных зон и оказание им первой медицинской помощи;
- локализацию и тушение пожаров;
- санитарную обработку людей, обеззараживание транспорта, технических систем, зданий, сооружений и промышленных объектов;
- неотложные аварийно-восстановительные работы на промышленных объектах.

Разведка в кратчайшие сроки должна установить характер и границы разрушений и пожаров, степень радиоактивного и иного вида заражения в различных районах очага, наличие пораженных людей и их состояние, возможные пути ввода спасательных формирований и эвакуации пострадавших. По данным разведки определяют объемы работ, уточняют способы ведения спасательных и аварийных работ, разрабатывают план ликвидации последствий чрезвычайного события. В первую очередь в плане необходимо предусматривать работы, направленные на прекращение воздействия внешнего фактора на объект, локализацию очага поражения, постановку средств, препятствующих распространению опасности по территории объекта.

Для проведения спасательных работ планируется ряд неотложных мероприятий:

- устройство проездов в завалах и загрязненных участках; оборудование временных путей движения транспорта;
- локализация аварий на сети коммунально-энергетических систем;
- восстановление отдельных участков энергетических и водопроводных сетей и сооружений;

- укрепление или обрушение зданий и сооружений, препятствующих безопасному проведению спасательных работ.

Выполнение спасательных и других неотложных работ проводится специально обученными спасательными формированиями из числа работников промышленного объекта (подразделения гражданской обороны объекта).

В случае необходимости (выброс в окружающую среду радиоактивных или токсичных химических веществ, а также бактериологических агентов) проводят специальную обработку, состоящую из обеззараживания и санитарной обработки.

Обеззараживание включает в себя дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию и дератизацию. Под *дезактивацией* понимают удаление радиоактивных веществ с поверхностей различных предметов, а также очистку от них воды. Дезактивацию проводят путем механического (смывание водой) и физико-химического удаления радиоактивных веществ с очищаемых поверхностей. Дезактивацию воды проводят фильтрованием, перегонкой, отстаиванием, с помощью ионообменных смол.

Дегазацию используют для разложения отравляющих веществ и СДЯВ до нетоксичных продуктов. В качестве дегазирующих веществ используются химические соединения, которые вступают в реакцию с отравляющими и сильнодействующими ядовитыми веществами.

Для уничтожения возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных в окружающей среде проводят *дезинфекцию*. Ее осуществляют физическими (кипячение белья, посуды, сжигание вещей), химическими (использование дезинфицирующих веществ) и механическими (удаление зараженного слоя грунта) методами.

С целью предотвращения распространения инфекционных заболеваний используют методы *дератизации*, заключающиеся в уничтожении переносчиков этих заболеваний (мышей, крыс и др.).

Санитарная обработка – это комплекс мероприятий по ликвидации заражения личного состава спасательных формирований и населения радиоактивными и отравляющими веществами, а также бактериологическими средствами. При санитарной обработке обеззараживают как поверхность тела человека, так и наружные слизистые оболочки. Обработывают также одежду, обувь и индивидуальные средства защиты.

Ликвидация чрезвычайной ситуации считается завершенной по окончании проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте понятие чрезвычайной ситуации.
2. Приведите классификацию чрезвычайных ситуаций по происхождению.
3. Приведите классификацию чрезвычайных ситуаций по масштабу распространения.
4. Каковы основные стадии развития чрезвычайных ситуаций? Дайте характеристику каждой из них.
5. Назовите поражающие факторы чрезвычайных ситуаций.
6. Что понимается под устойчивостью работы производственных объектов в чрезвычайных ситуациях?
7. Как проводится исследование устойчивости конкретного объекта?
8. Каковы основные мероприятия по увеличению устойчивости систем электроснабжения?
9. Назовите основные мероприятия по увеличению устойчивости систем водоснабжения.
10. Что включают спасательные и другие неотложные работы в очагах поражения?

Тесты к главе 5

1. Что такое чрезвычайная ситуация?

- 1) состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде;
- 2) несчастный случай на производстве;
- 3) внезапное отключение электроэнергии в жилом секторе.

2. Какие признаки положены в основу классификации чрезвычайных ситуаций по масштабу распространения?

- 1) границы зон распространения поражающих факторов ЧС;
- 2) количество пострадавших людей или людей, у которых нарушены условия жизнедеятельности, и границы зон распространения поражающих факторов ЧС;
- 3) количество пострадавших людей или людей, у которых нарушены условия жизнедеятельности, размер материального ущерба, границы зон распространения поражающих факторов ЧС.

3. Как подразделяются чрезвычайные ситуации по происхождению?

- 1) природные, техногенные, криминальные, экологические;
- 2) природные, техногенные, биолого-социальные, производственные;

- 3) природные, техногенные, биолого-социальные, экологические;
- 4) природные, метеорологические, биолого-социальные, экологические.

4. К какой категории чрезвычайных ситуаций относятся аварии на автомобильном транспорте в соответствии с классификацией по происхождению?

- 1) природные ЧС;
- 2) техногенные ЧС;
- 3) биолого-социальные ЧС;
- 4) экологические ЧС.

5. К какой категории чрезвычайных ситуаций относится массовое распространение вредителей сельскохозяйственных растений в соответствии с классификацией по происхождению?

- 1) природные ЧС;
- 2) техногенные ЧС;
- 3) биолого-социальные ЧС;
- 4) экологические ЧС.

6. К биолого-социальным чрезвычайным ситуациям относятся:

- 1) групповые вспышки инфекционных заболеваний среди сельскохозяйственных животных;
- 2) аварии с выбросом опасных биологических веществ;
- 3) аварии с выбросом радиоактивных веществ;
- 4) аварии на канализационных очистных сооружениях.

7. Как называется характерная стадия развития ЧС, на которой факторы риска достигают такого состояния, когда в силу различных причин уже невозможно сдержать их внешние проявления?

- 1) накопление факторов риска;
- 2) инициирование ЧС;
- 3) процесс самой ЧС;
- 4) стадия затухания.

8. Как называется характерная стадия развития ЧС, которая охватывает период от перекрытия источника опасности до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий?

- 1) накопление факторов риска;
- 2) инициирование ЧС;
- 3) процесс самой ЧС;
- 4) стадия затухания.

9. Что такое очаг поражения?

- 1) это территория, на которой под воздействием поражающих факторов ЧС произошли массовые поражения людей, животных и растений, повреждения, разрушения зданий и сооружений;
- 2) территория, на которой населенные пункты подверглись заражению гриппом;
- 3) территория, на которой разрушены крыши и верхние этажи зданий, помещения нижних этажей и подвалов могут быть использованы.

10. Дезактивация – это процесс удаления ...

- 1) отравляющих веществ с загрязненных поверхностей с целью исключения заражения людей и техники;
- 2) радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей с целью исключения радиоактивного заражения людей и техники;
- 3) химических веществ с загрязненных поверхностей с целью исключения химического заражения людей и техники;
- 4) газообразных веществ с загрязненных поверхностей с целью исключения заражения людей и техники.

6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Работа любого производства (промышленного, сельскохозяйственного и т. п.) сопровождается негативным воздействием на окружающую среду.

К видам негативного воздействия на окружающую среду относятся:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ;
- сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий;
- иные виды негативного воздействия на окружающую среду.

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека неразрывно связано с решением задач по охране природной среды.

Основными направлениями по решению проблем защиты окружающей среды являются:

- совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем негативного воздействия на окружающую среду;
- замена токсичных отходов на нетоксичные;
- вовлечение образовавшихся отходов во вторичное производство товарно-материальных ценностей и оказание услуг.
- применение пассивных методов защиты окружающей среды.

К пассивным методам защиты относятся мероприятия, направленные на ограничение выбросов промышленного производства с последующей утилизацией или захоронением отходов (очистка сточных вод, газовых выбросов от вредных примесей, рассеивание вредных выбросов в атмосфере, захоронение токсичных и радиоактивных отходов).

Активной формой защиты окружающей среды от негативного воздействия промышленных предприятий является разработка и внедрение малоотходных технологий – комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов. Эта форма защиты окружающей среды является наиболее перспективной.

6.1. Защита атмосферы

Основное антропогенное загрязнение атмосферного воздуха создают автотранспорт, теплоэнергетика и ряд отраслей промышленности. Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются: оксид углерода CO, диоксид серы SO₂, оксиды азота NO_x, углеводороды C_nH_m и пыль. В атмосферу выбрасываются и другие, более токсичные вещества. В настоящее время насчитывается более 500 вредных веществ, загрязняющих атмосферу, и их количество увеличивается.

Цель защиты атмосферы от вредных выбросов сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и приземном слое атмосферы, равных или менее ПДК. Это достигается применением следующих методов и средств:

- снижением объема эмиссии загрязняющих веществ в результате технологических решений;
- рациональным размещением источников вредных выбросов по отношению к населенным зонам и рабочим местам;
- рассеиванием вредных веществ в атмосфере для снижения концентраций в ее приземном слое;
- удалением вредных выделений от источника образования посредством местной или общеобменной вытяжной вентиляции;
- применением средств очистки воздуха от вредных веществ;
- применением средств индивидуальной защиты.

Средства защиты атмосферы должны ограничивать наличие вредных веществ в воздухе среды обитания человека на уровне не более 1 доли ПДК. Во всех случаях должно соблюдаться условие

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}.$$

Согласно Федеральному закону № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предприятия, оказывающие воздействия на среду обитания и здоровье человека в обязательном порядке должны иметь **санитарно-защитную зону (СЗЗ)**. Источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека (загрязнение атмосферного воздуха и неблагоприятное воздействие физических факторов) являются объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промплощадки превышают ПДК и/или ПДУ и/или вклад в загрязнение жилых зон превышает 0,1 ПДК.

Территория СЗЗ предназначена для:

- обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;

- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» устанавливает следующие размеры СЗЗ в зависимости от класса опасности предприятия (всего пять классов опасности, с I по V).

- предприятия первого класса – 1000 м;
- предприятия второго класса – 500 м;
- предприятия третьего класса – 300 м;
- предприятия четвертого класса – 100 м;
- предприятия пятого класса – 50 м.

Не допускается размещать в СЗЗ жилую застройку, ландшафтно-рекреационные зоны, территории курортов, санаториев и домов отдыха, территорий садоводческих товариществ и коттеджной застройки, коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков, а также других территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания; спортивные сооружения, детские площадки, образовательные и детские учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

Допускается размещать в границах СЗЗ сельхозугодья для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания, предприятия с производствами меньшего класса вредности, чем основное производство, пожарные депо, бани, прачечные, объекты торговли и общественного питания, здания администрации данного предприятия и некоторые другие хозяйственные объекты, установленные в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.

Для соблюдения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест устанавливают **предельно допустимый выброс** (ПДВ) вредных веществ из систем вытяжной вентиляции, различных технологических и энергетических установок.

В соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02–78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями» для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается ПДВ вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками (с учетом перспективы их развития) не создадут приземную концентрацию, превышающую ПДК.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций выбросов промышленных предприятий, является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86». Эта методика позволяет решать задачи по определению ПДВ при рассеивании через одиночную незатененную трубу, при выбросе через низкую затененную трубу и при выбросе через фонарь из условия обеспечения ПДК в приземном слое воздуха.

Для случая рассеивания нагретых выбросов через одиночную незатененную трубу предельно допустимый выброс ПДВ (г/с) определяется по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК}_{\text{м.р}} - C_{\text{ф}})H^2 \sqrt[3]{Q\Delta T}}{AFmn\eta},$$

где $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ – максимально-разовая предельно допустимая концентрация вредного вещества в приземном атмосферном воздухе населенных пунктов, мг/м³; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы, мг/м³; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания взвешенных частиц выброса в атмосферном воздухе; A – коэффициент распределения температуры воздуха, зависящий от метеорологических условий местности и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; Q – объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, м³/с; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; ΔT – разность температур выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха, °С.

В тех случаях, когда реальные выбросы превышают ПДВ, необходимо в системе выброса использовать аппараты для очистки газов от примесей.

Аппараты очистки вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу делятся:

- на пылеуловители (сухие, электрические, фильтры, мокрые);
- туманоуловители (низкоскоростные и высокоскоростные);
- аппараты для улавливания паров и газов (абсорбционные, хемосорбционные, адсорбционные и нейтрализаторы);
- аппараты многоступенчатой очистки (уловители пыли и газов, уловители туманов и вредных примесей, многоступенчатые пылеуловители).

Основными параметрами систем очистки воздуха являются эффективность и гидравлическое сопротивление. Эффективность определяет концентрацию вредной примеси на выходе из аппарата, а гидравлическое сопротивление – затраты энергии на пропуск очищаемых газов через аппараты.

Эффективность очистки η определяется так:

$$\eta = (C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}})/C_{\text{вх}},$$

где $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ – массовые концентрации примесей в воздухе до и после аппарата.

Широкое распространение для очистки воздуха от крупной неслипающейся пыли получили *пылеуловители сухого типа*. К их числу относятся циклоны различных видов: одиночные, групповые, батарейные. Принцип действия циклонов основан на использовании центробежной силы, действующей на частицы пыли во вращающемся потоке воздуха. Циклоны можно применять при концентрациях пыли на входе до 400 г/м^3 , при температурах газов до $500 \text{ }^\circ\text{C}$, однако существуют проблемы при улавливании слипающихся и пожаровзрывоопасных пылей.

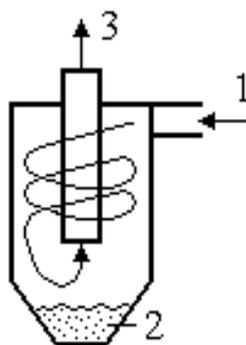


Рис. 6.1. Схема циклона: 1 – загрязненный газовый поток; 2 – уловленная взвесь, 3 – очищенный газ

Для улавливания пожаровзрывоопасных пылей, очистки высокотемпературных газов целесообразно применять *пылеуловители мокрого типа*, которые характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсных пылей с $d \geq 0,3 \text{ мкм}$, а также возможностью очистки от пыли нагретых и взрывоопасных газов. Принцип их действия основан на осаждении частиц пыли на поверхности капель или пленки жидкости, в качестве которой используется вода (при очистке от пыли) или химический раствор (при улавливании вместе с пылью токсичных газов и паров). Аппараты мокрого типа называются скрубберами (рис. 6.2). Недостатком работы мокрых пылеуловителей следует отнести: образование большого количества шламодержащих стоков, для обработки которых необходимо специальное оборудование; наличие в очищенных

газах капель жидкости с частицами пыли, забивающих газоходы, дымо-сосы и вентиляторы.

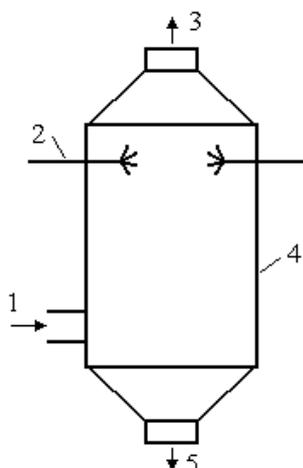


Рис. 6.2. Схема скруббера: 1 – запыленный газ; 2 – форсунки; 3 – очищенный газ; 4 – корпус; 5 – илам

Аппараты фильтрационной очистки предназначены для тонкой очистки газов за счет осаждения частиц пыли на поверхности пористых фильтрующих перегородок. Частицы, проникающие внутрь перегородки, задерживаются там за счет диффузионных, инерционных, гравитационных механизмов улавливания (рис. 6.3). По типу фильтровального материала фильтры разделяются на тканевые, волокнистые и зернистые.

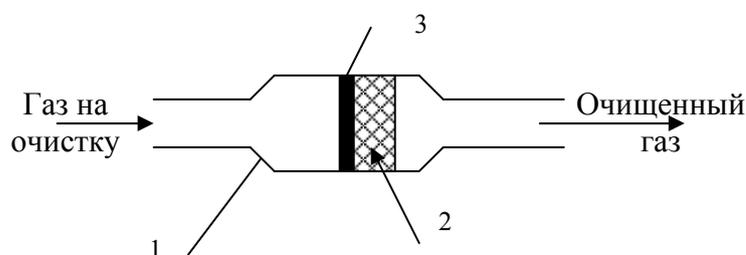


Рис. 6.3. Схема фильтра: 1 – корпус; 2 – фильтрующая перегородка; 3 – слой примесей

Электрофильтры применяются для очистки больших объемов газа от пыли и масляного тумана. Принцип их действия основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда, передаче заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на осадительных и коронирующих электродах (рис. 6.4). Достоинством электрофильтров является высокая эффективность при соблюдении оптимальных режимов работы, сравнительно низкие затраты энергии, недостатком – большая металлоемкость, сложность электрического оборудования.

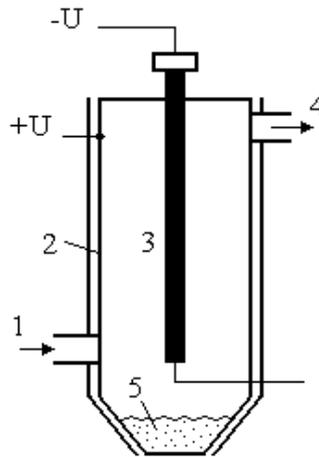


Рис. 6.4. Схема электрофильтра: 1 – загрязненный газовый поток; 2 – осадительный электрод; 3 – коронирующий электрод; 4 – очищенный поток; 5 – взвесь

Для удаления из отходящих газов вредных паров и газообразных примесей применяют следующие методы: абсорбцию, хемосорбцию, адсорбцию, термическую нейтрализацию.

Метод *абсорбции* основан на поглощении вредной газовой примеси жидкостью (как правило, водой) с образованием раствора. Для проведения процесса абсорбции используют аппараты мокрого типа, применяемые в технике пылеулавливания.

Метод *хемосорбции* заключается в поглощении вредных газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малорастворимых или малолетучих химических соединений. Очистка с помощью хемосорбции осуществляется в насадочных башнях, пенных и барботажных скрубберах, скрубберах Вентури и т. п.

Метод *адсорбции* основан на способности некоторых тонкодисперсных твердых тел селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты газовой смеси. В качестве адсорбентов используют активированный уголь, силикагель, цеолиты и др. Конструктивно адсорберы выполняют в виде емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Примером конструкции адсорбера является противогаз.

Термическая нейтрализация обеспечивает окисление токсичных примесей в газовых выбросах до менее токсичных при наличии свободного кислорода и высокой температуры газов. Различают три схемы термической нейтрализации: прямое сжигание в пламени, термическое окисление при температурах $600 \div 800$ °С, каталитическое сжигание – при $250 \div 450$ °С.

Прямое сжигание используют в тех случаях, когда очищаемые газы обладают значительной энергией, достаточной для поддержания горения. Примером такого процесса является факельное сжигание горючих отходов.

Термическое окисление применяется, когда очищаемые газы имеют высокую температуру, но не содержат достаточно кислорода, или когда концентрация горючих веществ незначительна и недостаточна для поддержания пламени. В первом случае процесс проводят в камере с подачей свежего воздуха, а во втором – при подаче дополнительно природного газа.

Каталитическое сжигание используют для превращения токсичных компонентов, содержащихся в отходящих газах промышленных выбросов, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализаторами.

6.2. Защита гидросферы

Водоемы загрязняются поверхностными стоками (смывы с земной поверхности) и сточными водами. Основными источниками загрязнений являются жилищно-коммунальное хозяйство, промышленность и сельское хозяйство.

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, разделяются на три вида: производственные, бытовые, атмосферные.

Производственные сточные воды – это воды, использованные в технологическом процессе. Они включают две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые). Загрязненные сточные воды могут содержать примеси минеральные, органические, бактериальные, биологические.

Бытовые сточные воды – это воды от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, душевых установок и т. п.

Атмосферные сточные воды – дождевые и талые воды.

Загрязнители делятся на биологические (органические микроорганизмы), вызывающие брожение воды; химические, изменяющие химический состав воды; физические, изменяющие ее прозрачность (мутность), температуру и другие показатели.

Биологические загрязнители попадают в водоемы с бытовыми и промышленными стоками в основном предприятий пищевой, медико-биологической, целлюлозно-бумажной промышленности.

Химические загрязнители поступают в водоемы с промышленными, поверхностными и бытовыми стоками. К ним относятся: нефтепродукты, тяжелые металлы и их соединения, минеральные удобрения, пестициды, моющие средства.

Физические загрязнители поступают в водоемы с промышленными стоками, при сбросах из выработок шахт, карьеров, при смывах с территорий промышленных зон, городов, транспортных магистралей, за счет осаждения атмосферной пыли.

Для защиты гидросферы от вредных сбросов применяются следующие методы и средства:

- рациональное размещение источников сбросов и организация водозабора и водоотвода;
- разбавление вредных веществ в водоемах до допустимых концентраций с применением специально организованных и рассредоточенных выпусков;
- использование средств очистки стоков.

Методы очистки сточных вод можно подразделить на механические, физико-химические и биологические.

Механическая очистка сточных вод от взвешенных веществ (твердых частиц, частиц масло-, жиро- и нефтепродуктов) осуществляется процеживанием, отстаиванием, обработкой в поле центробежных сил, фильтрованием, флотацией.

Процеживание применяют для удаления из сточной воды крупных и волокнистых выделений. Процесс реализуют на вертикальных и наклонных решетках с шириной прозоров $15 \div 20$ мм и на волокнуловителях в виде ленточных и барабанных сит.

Отстаивание основано на свободном оседании (всплытии) примесей с плотностью, большей (меньшей) плотности воды. Процесс отстаивания реализуют в песколовках (рис. 6.5), отстойниках, жиролоуловителях.

Для расчета этих устройств отстаивания необходимо знать скорость свободного осаждения (всплывания) примесей ω_0 (м/с)

$$\omega_0 = \frac{gd_{\text{ч}}(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}{18\mu},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; $d_{\text{ч}}$ – средний диаметр частиц, м; $\rho_{\text{ч}}$ и $\rho_{\text{в}}$ – плотности частицы и воды, кг/м^3 ; μ – динамическая вязкость воды, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

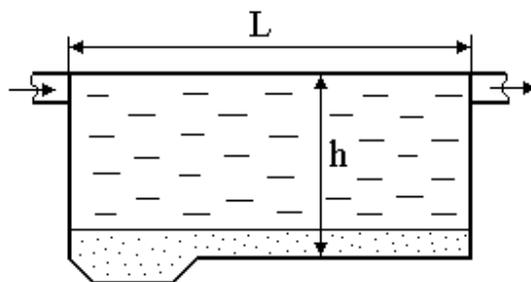


Рис. 6.5. Схема горизонтальной песколовки

Очистка сточных вод в поле центробежных сил реализуется в гидроциклонах и центрифугах.

Корпус гидроциклона (рис. 6.6) состоит из короткой верхней цилиндрической части и удлиненного конического днища. Сверху гидроциклон закрывается цилиндрической крышкой с патрубком для отвода осветленной жидкости. Между крышкой и корпусом устанавливается герметичная перегородка с осевым патрубком.

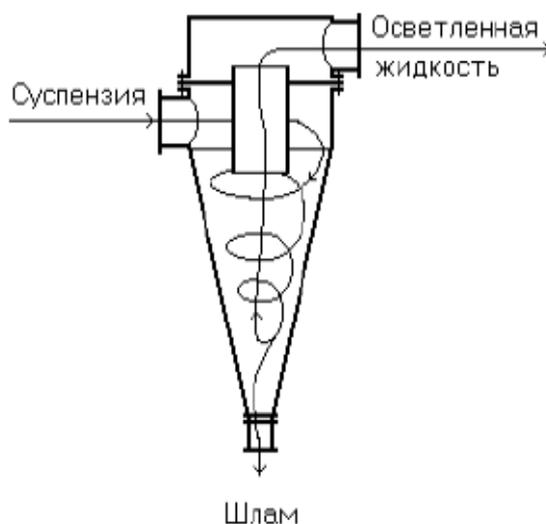


Рис. 6.6. Схема гидроциклона

Суспензия подается тангенциально в цилиндрическую часть корпуса и приобретает интенсивное вращательное движение. Под действием центробежных сил частицы суспензии, имеющие большую плотность, чем жидкость, перемещаются к стенкам аппарата, концентрируются во внешних слоях вращающегося потока и движутся по спирали вдоль стенок гидроциклона вниз к разгрузочному штуцеру, через который и выводятся из аппарата вместе с частью жидкости в виде сгущенной суспензии. Осветленная жидкость движется во внутреннем спиральном потоке вверх и выводится через штуцер в крышке аппарата.

Фильтрация применяют для очистки сточных вод от мелкодисперсных примесей с малой их концентрацией. Для очистки сточных вод фильтрованием применяют в основном два типа фильтров: зернистые, в которых очищаемую сточную воду пропускают через насадки несвязанных пористых материалов, и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготовляют из связанных пористых материалов (сеток, натуральных и синтетических тканей, спеченных металлических порошков и т. п.).

Физико-химические методы применяют для удаления из сточной воды растворимых примесей (солей тяжелых металлов, цианидов, фторидов и др.), а в ряде случаев и для удаления взвесей. Как правило, физико-

химическим методам предшествует стадия очистки от взвешенных веществ. Из физико-химических методов наиболее распространены флотационные, коагуляционные, реагентные, ионообменные и др.

Флотация предназначена для интенсификации процесса всплывания маслопродуктов при обволакивании их частиц пузырьками газа, подаваемого в сточную воду. В основе этого процесса имеет место молекулярное слипание частиц масла и пузырьков тонкодиспергированного в воде газа. Образование агрегатов «частица – пузырьки газа» зависит от интенсивности их столкновения друг с другом, химического взаимодействия содержащихся в воде веществ, избыточного давления газа в сточной воде и т. п.

В зависимости от способа образования пузырьков газа различают следующие виды флотации: напорную, пневматическую, пенную, химическую, вибрационную, биологическую, электрофлотацию и др.

В процессе *электрофлотации* образование дисперсной газовой фазы происходит вследствие электролиза воды. Кроме того, применение алюминиевых или стальных электродов обуславливает переход ионов алюминия или железа в раствор, что способствует коагулированию мельчайших частиц механических примесей сточной воды.

Коагуляция – это физико-химический процесс укрупнения мельчайших коллоидных и диспергированных частиц под действием сил молекулярного притяжения. В качестве веществ-коагулянтов применяют алюминийсодержащие вещества, хлорид железа (II) и др. Коагуляция осуществляется посредством перемешивания воды с коагулянтами в камерах, откуда вода направляется в отстойники, где хлопья отделяются отстаиванием.

Сущность *реагентного метода* заключается в обработке сточных вод химическими веществами – реагентами, которые, вступая в химическую реакцию с растворенными токсичными примесями, образуют нетоксичные или нерастворимые соединения. Последние затем могут быть удалены одним из описанных выше методов удаления взвесей и осветления воды.

Нейтрализация сточных вод предназначена для выделения из них кислот, щелочей, а также солей металлов на основе кислот и щелочей. Процесс нейтрализации основан на объединении ионов водорода и гидроксильной группы в молекулу воды, в результате чего сточная вода приобретает значение $pH \approx 6,7$ (нейтральная среда). Нейтрализацию кислот и их солей осуществляют щелочами или солями сильных щелочей: едким натром, едким кали, известью, известняком, доломитом, мрамором, мелом, содой, отходами щелочей и т. п. Наиболее дешевым и доступным реагентом для нейтрализации кислых сточных вод является

гидроокись кальция (гашеная известь). Для нейтрализации сточных вод с содержанием щелочей и их солей можно использовать серную, соляную, азотную, фосфорную и другие кислоты.

Ионообменная очистка заключается в пропускании сточных вод через ионообменные смолы, которые подразделяются на катионитовые, имеющие подвижные и способные к обмену катионы (чаще всего водорода H^+), и анионитовые, имеющие подвижные и способные к обмену анионы (чаще всего гидроксильную группу OH^-). При прохождении сточной воды через смолу подвижные ионы смолы заменяются на ионы соответствующего знака токсичных примесей.

Гиперфильтрация (обратный осмос) реализуется разделением растворов путем фильтрования их через мембраны, поры которых размером около 1 нм пропускают молекулы воды, задерживая гидратированные ионы солей или молекулы недиссоциированных соединений. По сравнению с другими методами очистки гиперфильтрация требует малых энергозатрат. Установки для очистки конструктивно просты и компактны, легко автоматизируются, фильтрат имеет высокую степень чистоты и может быть использован в оборотных системах водоснабжения, а сконцентрированные примеси сточных вод легко утилизируются или уничтожаются.

Экстракция сточных вод основана на перераспределении примесей сточных вод в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей (сточной воды и экстрагента). Количественно интенсивность перераспределения оценивается коэффициентом экстракции $K_э = C_э/C_в$, где $C_э$ и $C_в$ – концентрации примеси в экстрагенте и сточной воде по окончании процесса экстракции. Например, при очистке сточных вод от фенола с использованием в качестве экстрагента бензола или бутилацетата коэффициент экстракции составляет соответственно 2,4 и $8 \div 12$.

Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические соединения (кислоты, спирты, белки, углеводы и т. п.) в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности. При этом органические соединения окисляются до воды и углекислого газа.

Биологическую очистку ведут или в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды), или в специальных сооружениях: аэротенках, биофильтрах. Аэротенки представляют собой открытые резервуары с системой коридоров, через которые медленно протекают сточные воды, смешанные с активным илом, который затем отделяется от воды в отстойниках. Аэротенки используются для очистки больших расходов сточных вод и позволяют эффективно регулировать скорость и полноту протекающих в них биохимических процессов.

Биофильтр – это сооружение, заполненное загрузкиемым материалом, через который фильтруется сточная вода и на поверхности которого развивается биологическая пленка, состоящая из прикрепленных форм микроорганизмов. В качестве фильтровального материала для загрузки биофильтров применяют шлак, щебень, пластмассу, гравий и т. п.

6.3. Сбор и ликвидация твердых и жидких отходов

Правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья определяет Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ.

Под отходами производства и потребления понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

В соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» (утв. Приказом Минприроды России от 15 июня 2001 г. № 511) отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются на пять классов опасности:

- I класс – чрезвычайно опасные отходы;
- II класс – высокоопасные отходы;
- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс – малоопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы.

По агрегатному состоянию отходы разделяются на твердые и жидкие; по источнику образования – на промышленные, образующиеся в процессе производства (металлический лом, стружка, пластмассы, зола и т. д.), биологические, образующиеся в сельском хозяйстве (птичий помет, отходы животноводства и растениеводства и др.), бытовые (в частности, осадки коммунально-бытовых стоков), радиоактивные. Кроме того, отходы разделяются на горючие и негорючие, прессуемые и непрессуемые.

Отходы, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве, относятся к вторичным материальным ресурсам. Например, макулатура для производства бумаги; стеклянный бой – стекла; металлический лом – металла и т. д.

Важнейшим этапом обращения с отходами является их сбор. При сборе отходы должны разделяться по признакам, указанным выше,

и в зависимости от дальнейшего использования, способа переработки, утилизации, захоронения.

После сбора отходы подвергаются переработке, утилизации и захоронению. Перерабатываются такие отходы, которые могут быть полезны. Переработка отходов – важнейший этап в обеспечении безопасности жизнедеятельности, способствующий защите окружающей среды от загрязнения и сохраняющий природные ресурсы.

Основные операции первичной обработки металлоотходов – сортировка, разделка и механическая обработка. Сортировка заключается в разделении лома и отходов по видам металлов. Разделка лома состоит в удалении неметаллических включений. Механическая обработка включает рубку, резку, пакетирование и брикетирование на прессах. На предприятиях, где образуется большое количество металлоотходов, организуются специальные цехи для утилизации вторичных металлов.

Отходы древесины широко используют для изготовления товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода главным образом методом прессования. Переработанные древесные отходы применяют в производстве древесно-стружечных плит, корпусов различных приборов и т. п.

Переработка отходов электронной промышленности осуществляется путем разделения на отдельные однородные компоненты, выделения химическими методами ценных для дальнейшего использования компонентов, направления их для повторного использования.

Приборы и печатные платы содержат не только много очень ценных материалов (золото, серебро, редкие металлы), но и много токсичных веществ, например тяжелых металлов. В составы пластмасс и печатных плат вводят замедлители горения при перегреве на основе хлора и брома (полибромированные бифенилы PBV и полибромированный дифениловый эфир PBDE), которые могут образовывать при горении чрезвычайно опасные диоксины. Последними требованиями по безопасности ПЭВМ предусматривается исключение замедлителей горения на основе токсичных компонентов, изготовление элементов конструкций из чистых пластмасс без добавки красителей, минимизация состава применяемых пластмасс и других материалов. Директива RoHS (Reduction of Hazardous Substances), действующая с 2006 г., ограничивает содержание в электронном оборудовании свинца, ртути, шестивалентного хрома, PBV и PBDE до 0,1 %, кадмия – до 0,01 %. Директива WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment), действующая с 2004 г., относится к процессу вторичного использования оборудования и материалов после переработки и регламентирует принцип распределения ответственности за сбор, вторичную переработку и рекуперацию

отходов между странами-участницами, распространителями и производителями. Указанные выше элементы должны контролироваться по директиве WEEE среди других токсичных соединений. Все эти требования направлены на упрощение дальнейшей переработки и утилизации снятых с эксплуатации ПЭВМ.

Наиболее рациональным методом ликвидации пластмассовых отходов является высокотемпературный нагрев без доступа воздуха (пиролиз), в результате которого из отходов пластмасс в смеси с другими отходами (дерево, резина и др.) получают ценные продукты: пирокарбон, горючий газ и жидкая смола.

Термическая переработка отходов их сжиганием в печах получила широкое распространение. Существующие системы сжигания опасных отходов позволяют использовать теплоту сжигания. Недостатком сжигания являются большие издержки по сравнению с вывозом на полигоны бытовых и токсических отходов. Кроме того, существуют серьезные проблемы, связанные с образованием газообразных токсичных выбросов. Мусоросжигающие заводы должны оборудоваться высокоэффективными системами пыле- и газоочистки.

Осадки сточных вод, скапливающиеся на очистных сооружениях, представляют собой водные суспензии с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы $0,5 \div 10$ %. Прежде чем направить осадки сточных вод на ликвидацию или утилизацию, их подвергают предварительной обработке для получения шлама, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации или ликвидации с наименьшими затратами энергии и загрязнениями окружающей среды. Технологический цикл обработки осадков сточных вод состоит из уплотнения осадков, их стабилизации, кондиционирования, обезвоживания и ликвидации.

Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов (переработка которых сложна и экономически не выгодна или которые имеются в избытке), подвергаются захоронению на полигонах.

Полигоны создают в соответствии с требованиями СНиП 2.01.28–85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию». Приему на полигоны подлежат: мышьяксодержащие неорганические твердые отходы и шламы; отходы, содержащие свинец, цинк, олово, кадмий, никель, сурьму, висмут, кобальт и их соединения; отходы гальванического производства; использованные органические растворители; органические горючие (обтирочные материалы, ветошь, твердые смолы, обрезки пластмасс, оргстекла, остатки лакокрасочных материалов, загрязненные опилки, деревянная тара, промасленная бумага и упаковка, жидкие

нефтепродукты, не подлежащие регенерации, масла, загрязненные бензин, керосин, нефть, мазут, растворители, эмали, краски, лаки, смолы); неисправные ртутные дуговые и люминесцентные лампы; формовочная смесь; песок, загрязненный нефтепродуктами; испорченные баллоны с остатками веществ и др. Жидкие токсичные отходы перед вывозом на полигон должны быть обезвожены на предприятиях.

Приему на полигон не подлежат: отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов и других веществ; нефтепродукты, подлежащие регенерации; радиоактивные отходы.

Перед захоронением на полигоне отходы с высокой степенью влажности обезвоживаются. Прессуемые отходы целесообразно спрессовать, а горючие – сжечь с целью снижения их объема и массы.

Полигоны должны располагаться вдали от водоохраных зон и иметь санитарно-защитные зоны. В местах складирования выполняется гидроизоляция для исключения загрязнения грунтовых вод.

Радикальное решение проблемы защиты от промышленных отходов возможно при широком внедрении малоотходных технологий. Под малоотходной технологией понимается такая технология, при которой рационально используются все компоненты сырья и энергии в замкнутом цикле, т. е. минимизируется использование первичных природных ресурсов и количество образующихся отходов. Малоотходные технологии должны предусматривать снижение материалоемкости изделий; использование замкнутых циклов водоснабжения предприятий, при которых очищенные сточные воды вновь направляются в производство; образующиеся отходы или уловленные газоочисткой вещества должны вновь использоваться при получении других изделий и товаров.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каковы основные направления по решению проблем защиты окружающей среды?
2. Что такое санитарно-защитная зона?
3. Какой смысл имеет аббревиатура ПДВ?
4. Перечислите основные методы и средства защиты атмосферы от вредных выбросов.
5. Назовите основные аппараты очистки вентиляционных и технологических выбросов в атмосферу, поясните принцип их действия.
6. Назовите методы удаления вредных паров и газообразных примесей из технологических выбросов в атмосферу.
7. Назовите основные виды сточных вод.
8. Назовите методы и средства защиты гидросферы.
9. Перечислите механические методы очистки воды.

10. Назовите основные физико-химические методы очистки сточных вод, поясните принцип их действия.
11. На чем основан метод биологической очистки сточных вод?
12. Каковы основные этапы утилизации твердых отходов?
13. Каким образом осуществляется утилизация отходов?
14. Что понимается под малоотходными технологиями?

Тесты к главе 6

1. Максимальное количество вредного вещества, которое в единицу времени может быть выброшено данным источником в атмосферу, и которое не создает приземную концентрацию, опасную для живых организмов:

- 1) предельно допустимая концентрация;
- 2) предельно допустимый выброс;
- 3) предельно допустимый сброс;
- 4) предельно допустимая нагрузка.

2. Оборудование для очистки технологических выбросов от пыли классифицируется следующим образом:

- 1) аппараты физической, химической и механической очистки;
- 2) аппараты реагентной и фильтрационной очистки;
- 3) аппараты сухой, мокрой, фильтрационной и электрофильтрационной очистки;
- 4) аппараты термической, адсорбционной, фильтрационной и электрофильтрационной очистки.

3. Территория определенной протяженности и ширины, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства, называется

- 1) природным парком;
- 2) санитарно-защитной зоной;
- 3) заповедной зоной.

4. Устройство для очистки газовых выбросов от пыли, принцип действия которого основан на использовании центробежной силы, воздействующей на частицы пыли во вращающемся потоке воздуха – это:

- 1) фильтр;
- 2) адсорбер;
- 3) циклон;
- 4) скруббер.

5. Аппарат для улавливания пыли и масляного тумана, принцип работы которого основан на сообщении частицам электрического заряда и их осаждении на электроде:

1) скруббер; 2) циклон; 3) коагулятор; 4) электрофильтр.

6. Метод, основанный на физических свойствах твердых тел с развитой поверхностью селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты газовой смеси – это:

1) экстракция; 2) адсорбция; 3) абсорбция; 4) фильтрация.

7. Методы механической очистки используются для очистки сточных вод от ...

1) взвешенных веществ; 2) органических веществ;
3) растворенных примесей; 4) патогенных микробов.

8. Способ удаления взвешенных частиц из воды, основанный на процессе всплытия примесей при обволакивании их пузырьками воздуха, подаваемого в сточные воды:

1) экстракция; 2) эвапорация;
3) флотация; 4) озонирование.

9. Процесс очистки воды, основанный на способности некоторых микроорганизмов использовать загрязняющие сточные воды вещества для питания в процессе своей жизнедеятельности – это:

1) биологическая очистка;
2) физиологическая очистка;
3) окислительный метод;
4) кинетическая очистка.

10. Главным направлением в устранении вредного воздействия на окружающую среду токсичных промышленных отходов является:

1) складирование на полигонах для твердых отходов;
2) захоронение в котлованах;
3) сжигание;
4) организация малоотходных производств.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). – М.: Юрайт, 2011. – 680 с.
2. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2004. – 359 с.
3. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Дашков и К, 2011. – 446 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – М.: Высш. школа, 2009. – 335 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / В. А. Акимов и др. – М.: Высшая школа, 2008. – 592 с.
6. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях / Под ред. В.В. Денисова. – 3-е изд. – М.; Ростов-на-Дону: МарТ, 2011. – 715 с.
7. Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда. – М.: Юрайт, 2012. – 573 с.
8. Безопасность жизнедеятельности в энергетике / В.Г. Еремин и др. – М.: Академия, 2010. – 400 с.
9. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Безопасность жизнедеятельности. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 344 с.
10. Дашковский А.Г., Романцов И.Г. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 193 с.
11. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Знак, 2001. – 440 с.
12. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. – М.: Биосфера, 2000. – 284 с.

Дополнительная

1. Балаков Ю.Н. Безопасность энергоустановок в вопросах и ответах: практическое пособие в двух частях. Т. 1: Устройство и эксплуатация энергоустановок. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 766 с.
2. Балаков Ю.Н. Безопасность энергоустановок в вопросах и ответах: практическое пособие в двух частях. Т. 2: Охрана труда и техника безопасности. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 296 с.

3. Безопасность труда в нефтегазодобывающем комплексе: справочное пособие / Сибирский федеральный университет (СФУ); сост. С.П. Аржанов; С.И. Васильев; Л.Н. Горбунова. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2008. – 520 с.
4. Бурлак Г.Н. Безопасность работы на компьютере: Организация труда на предприятиях информационного обслуживания. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 144 с.
5. Готлиб Я.Г., Девисилов В.А., Старча Е.А. Аттестация рабочих мест по условиям труда. – М.: Форум, 2012. – 544 с.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 823 с.
7. Губенко М.И. Трудовое право в вопросах и ответах: практическое пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 320 с.
8. Кабышев А.В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 124 с.
9. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
10. Охрана труда в электроустановках / под ред. Б.А. Князевского. – М.: Энергия, 1983. – 336 с.
11. Петров С.В., Макашев В.А. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. – М.: НИЦ Энас, 2008. – 224 с.
12. Правила безопасности при эксплуатации электроустановок в вопросах и ответах: пособие для изучения и подготовки к проверке знаний / Авт.-сост. В.В. Красник. – М.: НИЦ ЭНАС, 2005. – 120 с.
13. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.
14. Родионов Л.И., Клушин В.П., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
15. Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность. – М.: РадиоСофт, 2011. – 408 с.
16. Сычев Ю.Н. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях. – М.: МГУЭСИ, 2005. – 226 с.
17. Справочник инженера по охране труда / под ред. В.Н. Третьякова. – М.: Инфра-Инженерия, 2007. – 734 с.
18. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Высшая школа, 2002. – 248 с.

Приложение

Перечень основных нормативных документов, использованных в учебном пособии (состояние на 01.01.2013 г.)

ГОСТ 21889–76*. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.0.002–80. ССБТ. Термины и определения.

ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация

ГОСТ 12.0.004–90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

ГОСТ 12.1.001–89. ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

ГОСТ 12.1.003–83* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.006–84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.010–76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.012–90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.019–79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

ГОСТ 12.1.030–81. ССБТ. Защитное заземление. Зануление.

ГОСТ 12.1.033–81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.

ГОСТ 12.1.038–82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.1.040–83. ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения.

ГОСТ 12.1.045–84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

ГОСТ 12.2.003–91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.032–78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.033–78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.2.072–98. ССБТ. Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Общие требования безопасности и методы испытаний.

ГОСТ 12.3.002–75* ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.4.011–89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

ГОСТ 12.4.026–01. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.

ГОСТ 12.4.051–87. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 12.4.123–83. ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

ГОСТ 17.0.004–90. Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.

ГОСТ 17.2.3.02–78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

ГОСТ Р 22.0.01–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.

ГОСТ Р 22.0.02–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

ГОСТ Р 22.0.03-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения.

ГН 2.2.4/2.1.8.582–96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. Гигиенические нормативы.

ГН 2.2.5.686–98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. М.: Мин-во РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

ПОТ Р М - 016–2001; РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок.

ПУЭ. Правила устройства электроустановок.

ПБ 03-576–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация.

СанПиН 5804–91. Санитарные правила и нормы устройства и эксплуатации лазеров.

СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СанПиН 2.2.4.723–98. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях.

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона.

СанПин 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности, НРБ-99/2009.

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

СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

СН 2.2.4/2.1.8.583–96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.

СН 4557–88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.

СанПиН 5804–91. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров.

СНиП 41–01. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

СО 153-34.21.122–2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

СП 52.13330.2011. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.

СП 2.2.1.1312–03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.

СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).

СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Постановление Минтруда РФ от 14.03.1997 г. № 12 «О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда».

Постановление Госстандарта России от 5.08.1997 г. № 17 об утверждении «Правил сертификации работ и услуг в РФ».

Постановление Минтруда РФ от 24.04.2002 г. № 28 «О создании системы сертификации работ по охране труда в организациях».

Постановление Минтруда РФ от 7.04.1999 г. № 7 «Об утверждении норм предельно допустимых нагрузок для лиц моложе 18 лет при подъеме и перемещении тяжестей вручную».

Постановление Минтруда РФ от 18.12.1998 г. № 51 «Об утверждении Правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты».

Постановление Минтруда РФ от 8.02.2000 г. № 14 «Об утверждении Рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации».

Постановление Минтруда РФ от 22.01.2001 г. № 10 «Об утверждении межотраслевых нормативов численности работников службы охраны труда в организациях».

Правильные ответы к тестам

Тесты к главе 1

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	1	4	2	2	4	1	4	3	1	3

Тесты к главе 2

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	4	3	2	2	2	3	4	1	5	2

Тесты к главе 3

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	1	2	3	2	1	3	4	3	2	2

	Номер вопроса									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Правильный ответ	1	3	3	1	3	4	2	2	4	1

Тесты к главе 4

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	3	2	1	2	2	1	3	1	1	2

	Номер вопроса									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Правильный ответ	3	2	1	1	3	4	1	3	4	2

Тесты к главе 5

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	1	3	3	2	3	1	3	4	1	2

Тесты к главе 6

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	2	3	2	3	4	2	1	3	1	4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	4
1.1. Объект изучения в «Безопасности жизнедеятельности».....	4
1.2. Опасные и вредные факторы. Классификация	6
1.3. Критерии безопасности и комфортности	8
1.4. Методы обеспечения безопасности жизнедеятельности.....	10
1.5. Структура и задачи безопасности жизнедеятельности.....	15
Вопросы и задания для самоконтроля.....	16
Тесты к главе 1	17
2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	19
2.1. Правовые и нормативно-технические основы.....	19
2.1.1. Основные законодательные документы	19
2.1.2. Нормативно-техническая документация	20
2.2. Организационные основы управления производственной безопасностью	24
2.2.1. Управление охраной труда	24
2.2.2. Организация работ по охране труда на предприятиях.....	26
2.2.3. Производственный травматизм	28
2.2.4. Методы анализа производственного травматизма	30
2.2.5. Ответственность за нарушение законодательства по производственной безопасности.....	31
2.3. Управление охраной окружающей природной среды	32
2.4. Управление безопасностью в чрезвычайных ситуациях	32
2.5. Вопросы организации условий трудовой деятельности.....	33
2.5.1. Классификация основных форм деятельности человека	33
2.5.2. Классификация условий трудовой деятельности	34
2.5.3. Пути повышения эффективности трудовой деятельности	37
2.5.4. Рациональная организация рабочего места.....	38
Вопросы и задания для самоконтроля.....	40
Тесты к главе 2	41
3. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ	43
3.1. Оздоровление воздушной среды.....	43
3.1.1. Вредные вещества.....	43
3.1.2. Производственный микроклимат и его влияние на организм человека ...	48
3.1.3. Производственная вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление.....	53
Вопросы и задания для самоконтроля.....	56
3.2. Производственное освещение	57
3.2.1. Основные светотехнические характеристики	57
3.2.2. Системы производственного освещения	59
3.2.3. Нормирование естественного и искусственного освещения.....	61
3.2.4. Источники света и светильники	61
Вопросы и задания для самоконтроля.....	64

3.3. Виброакустические вредные факторы	64
3.3.1. Производственный шум	65
3.3.2. Ультразвук	69
3.3.3. Инфразвук	70
3.3.4. Вибрация	71
Вопросы и задания для самоконтроля	73
3.4. Защита от электромагнитных излучений	74
3.4.1. Электромагнитное поле радиочастот	74
3.4.2. Электромагнитные поля промышленной частоты	77
3.4.3. Лазерное излучение	78
3.4.4. Инфракрасное излучение	80
3.4.5. Ультрафиолетовое излучение	81
3.4.6. Обеспечение безопасности при работе с компьютером	82
Вопросы и задания для самоконтроля	85
3.5. Ионизирующие излучения и защита от них	86
3.5.1. Виды ионизирующих излучений	86
3.5.2. Основные показатели	87
3.5.3. Биологическое действие ионизирующих излучений	89
3.5.4. Нормирование ионизирующих излучений	90
3.5.5. Защита от ионизирующих излучений	91
Вопросы и задания для самоконтроля	93
Тесты к главе 3	93
4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	96
4.1. Электробезопасность	96
4.1.1. Действие электрического тока на организм человека	96
4.1.2. Классификация помещений по опасности поражения электрическим током	99
4.1.3. Анализ условий опасности электропоражения в трехфазных сетях	99
4.1.4. Напряжение шага и напряжение прикосновения	101
4.1.5. Защита от опасности поражения электрическим током	103
4.1.6. Статическое электричество	112
4.2. Безопасность эксплуатации оборудования, находящегося под давлением	114
4.3. Безопасность автоматизированного и роботизированного производства	116
4.4. Пожарная и взрывная безопасность	117
4.4.1. Основные понятия	117
4.4.2. Классификация помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	121
4.4.3. Пожарная профилактика	123
4.4.4. Способы и средства тушения пожаров	125
4.4.5. Молниезащита	129
Вопросы и задания для самоконтроля	133
Тесты к главе 4	134
5. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	138
5.1. Основные понятия. Классификация чрезвычайных ситуаций	138
5.2. Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций	141

5.3. Устойчивость производства в чрезвычайных ситуациях.....	143
5.4. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций	145
Вопросы и задания для самоконтроля.....	147
Тесты к главе 5	147
6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	150
6.1. Защита атмосферы.....	151
6.2. Защита гидросферы	157
6.3. Сбор и ликвидация твердых и жидких отходов.....	162
Вопросы и задания для самоконтроля.....	165
Тесты к главе 6	166
ЛИТЕРАТУРА	168
ПРИЛОЖЕНИЕ. Перечень основных нормативных документов, использованных в учебном пособии (состояние на 01.01.2013 г.)	170
ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ	174
ОГЛАВЛЕНИЕ	175

Учебное пособие

НАЗАРЕНКО Ольга Брониславовна
АМЕЛЬКОВИЧ Юлия Александровна

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *Д.В. Сотникова*

Дизайн обложки *Т.А. Фатеева*

Подписано к печати 11.12.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 10,35. Уч.-изд.л. 9,36.

Заказ 1409-13. Тираж 100 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru