

ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать различные нежелательные последствия.

Человек подвергается воздействию опасностей и в своей трудовой деятельности. Эта деятельность осуществляется в пространстве, называемом производственной средой. В условиях производства на человека в основном действуют техногенные, т.е. связанные с техникой, опасности, которые принято называть опасными и вредными производственными факторами.

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма - это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай действия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются *профессиональными*.

К опасным производственным факторам следует отнести, например:

- электрический ток определенной силы;
- раскаленные предметы;
- возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов;
- оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, и т.д.

К вредным производственным факторам относятся:

- неблагоприятные метеорологические условия;
- запыленность и загазованность воздушной среды;
- воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации;

- наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений и др.

Все опасные и вредные производственные факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

К *физическим* факторам относят электрический ток, кинетическую энергию движущихся машин и оборудования или их частей, повышенное давление паров или газов в сосудах, недопустимые уровни шума, вибрации, инфра- и ультразвука, недостаточную освещенность, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и др.

Химические факторы представляют собой вредные для организма человека вещества в различных состояниях.

Биологические факторы - это воздействия различных микроорганизмов, а также растений и животных.

Психофизиологические факторы - это физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда.

Четкой границы между опасным и вредным производственными факторами часто не существует. Рассмотрим в качестве примера воздействие на работающего расплавленного металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие (термический ожог), это приводит к тяжелой травме и может закончиться смертью пострадавшего. В этом случае воздействие расплавленного металла на работающего является согласно определению **опасным производственным фактором**.

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, длительное воздействие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения - приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие лучистой теплоты от расплавленного металла, на организм работающего является **вредным производственным фактором**.

Состояние условий труда, при котором исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов, называется безопасностью труда. Безопасность жизнедеятельности в условиях производства имеет и другое название — *охрана труда*. В настоящее время последний термин считается устаревшим.

Охрана труда определялась как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-

профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности в процессе труда.

Одна из самых распространенных мер по предупреждению неблагоприятного воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов - использование средств коллективной и индивидуальной защиты. Первые из них предназначены для одновременной защиты двух и более работающих, вторые - для защиты одного работающего. Так, при загрязнении пылью воздушной среды в процессе производства в качестве коллективного средства защиты может быть рекомендована общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, а в качестве индивидуального - респиратор.

Введем понятие основных нормативов безопасности труда. Как уже сказано выше, при безопасных условиях труда исключено воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. Всегда ли в условиях реального производства можно так организовать технологический процесс, чтобы значения воздействующих на работающих опасных и вредных производственных факторов равнялись нулю (чтобы на работающих не действовали опасные и вредные производственные факторы)? Однако этот параметр не может быть сведен к нулю.

Существующие нормативы безопасности делятся на две большие группы: *предельно допустимые концентрации* (ПДК), характеризующие безопасное содержание вредных веществ химической и биологической природы в воздухе рабочей зоны, а также *предельно допустимые уровни* (ПДУ) воздействия различных опасных и вредных производственных факторов физической природы.

Далее рассмотрим влияние основных опасных и вредных факторов, действующих в условиях производства на организм человека.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата - климата внутренней среды этих помещений. К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха рабочей зоны относятся температура (t , $^{\circ}\text{C}$), 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.

Относительная влажность воздуха представляет собой отношение фактического количества паров воды в воздухе при данной температуре D (г/м³) к количеству водяного пара, насыщающего воздух при этой температуре D_0 (г/м³):

$$\varphi = D/D_0 * 100\%$$

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

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплого) 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. В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным.

Тепло, поступающее в производственное помещение от различных источников, влияет на температуру воздуха в нем. В производственных помещениях с большим тепловыделением приблизительно 2/3 тепла поступает за счет излучения, а практически все остальное количество приходится на долю конвекции.

Источником теплового излучения в производственных условиях является расплавленный или нагретый металл, открытое пламя, нагретые поверхности оборудования.

Человек в процессе труда постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры его внутренних органов (приблизительно 36,6°С). Способность человеческого организма к поддержанию постоянной температуры носит название

терморегуляции. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом тепла в процессе жизнедеятельности в окружающее пространство.

Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени его физического напряжения и параметров микроклимата в производственном помещении и составляет в состоянии покоя 85 Вт, возрастая до 500 Вт при тяжелой физической работе.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит следующими путями: в результате теплопроводности через одежду (Q_T); конвекции тела (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.:

$$Q_{общ} = Q_T + Q_K + Q_{И} + Q_{исп} + Q_B$$

Представленное уравнение носит название *уравнения теплового баланса*. Вклад перечисленных выше путей передачи тепла непостоянен и зависит от параметров микроклимата в производственном помещении, а также от температуры окружающих человека поверхностей (стен, потолка, оборудования и др.). Если температура этих поверхностей ниже температуры человеческого тела, то теплообмен излучением идет от организма человека к холодным поверхностям. В противном случае теплообмен осуществляется в обратном направлении - от нагретых поверхностей к человеку. Теплоотдача конвекцией зависит от температуры воздуха в помещении и скорости его движения на рабочем месте, а отдача теплоты путем испарения от относительной влажности и скорости движения воздуха. Основную долю процесса отвода тепла от организма человека (порядка 90% общего количества тепла) вносят излучение, конвекция и испарение.

Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счет конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха наблюдается обратная картина: за счет расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача в окружающую среду.

Повышенная влажность ($\phi > 85\%$) затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой вследствие уменьшения испарения влаги с поверхности кожи, а низкая влажность ($\phi < 20\%$) приводит к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Движение воздуха в производственном помещении улучшает теплообмен между телом человека и внешней средой, но излишняя скорость движения воздуха (сквозняки) повышает вероятность возникновения простудных заболеваний.

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве - к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях - возникновению теплового удара. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Для исключения перечисленных выше негативных последствий необходимо правильно выбирать параметры микроклимата в производственных помещениях.

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

Допустимыми условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

Различают холодный и переходный периоды года (со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$), а также теплый период года (с температурой $+10^{\circ}\text{C}$ и выше). Все категории выполняемых работ подразделяются на: легкие (энергозатраты до 172 Вт), средней тяжести (энергозатраты до 172-293 Вт) и тяжелые (энергозатраты более 293 Вт) По количеству избыточного тепла все производственные

помещения делятся на помещения с незначительными избытками явной теплоты ($Q_{\text{ят}} \leq 23,2 \text{ Дж/м}^3 \text{ с}$) и помещения со значительным избытком явной теплоты ($Q_{\text{ят}} > 23,2 \text{ Дж/м}^3 \text{ с}$). Производственные помещения с незначительными избытками явной теплоты относятся к «холодным цехам», а со значительными – к «горячим».

Параметр	Величина параметра	
	Оптимальная	Допустимая
Температура воздуха, °С	16-18	13-19
Относительная влажность воздуха, %	40-60	Не более 75
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,3	Не более 0,5

При постоянном тепловом облучении человеческого организма наступают нарушения в деятельности его основных систем и в первую очередь сердечно-сосудистой и нервной систем.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют следующие основные мероприятия: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

Кроме того, важное 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.

Рассмотрим более подробно перечисленные мероприятия. Механизация и автоматизация производственного процесса 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 функции на автоматизированные машины и оборудование. Однако автоматизация технологических процессов требует значительных экономических затрат, что затрудняет внедрение указанных мероприятий в производственную практику.

Для защиты от теплового излучения, используют различные теплоизолирующие материалы, устраивают теплозащитные экраны и специальные системы вентиляции (воздушное душирование). Перечисленные выше средства защиты носят обобщающее понятие *теплозащитных средств*. Теплозащитные средства должны обеспечивать

тепловую облученность на рабочих местах не более 350 Вт/м^2 и температуру поверхности оборудования не выше 35°C при температуре внутри источника тепла до 100°C и не выше 45°C - при температуре внутри источника тепла выше 100°C .

Основным показателем, характеризующим эффективность теплоизоляционных материалов, является низкий коэффициент теплопроводности, который составляет для большинства из них $0,025-0,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Для теплоизоляции используют различные материалы, например, асбестовую ткань и картон, специальные бетон и кирпич, минеральную и шлаковую вату, стеклоткань, углеродный войлок и др. Так, в качестве теплоизоляционных материалов для трубопроводов пара и горячей воды, а также для трубопроводов холодоснабжения, используемых в промышленных холодильниках, могут быть использованы материалы из минеральной ваты.

Теплозащитные экраны используют для локализации источников теплового излучения, снижения облученности на рабочих местах, а также для снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Часть теплового излучения экраны отражают, а часть поглощают.

Для количественной характеристики защитного действия экрана используют следующие показатели: кратность ослабления теплового потока (m), а также эффективность действия экрана ($\eta_э$). Эти характеристики выражаются следующими зависимостями:

$$m = E_1 / E_2 \text{ и } \eta_э = (E_1 - E_2) / E_1 * 100\%$$

где E_1 и E_2 - интенсивность теплового облучения на рабочем месте соответственно до и после установки экранов, Вт/м^2 .

Таким образом, показатель m определяет, во сколько раз первоначальный тепловой поток на рабочем месте превышал тепловой поток на рабочем месте после установки экрана, а показатель $\eta_э$ - какая часть из первоначального теплового потока доходит до рабочего места, защищенного экраном. Эффективность $\eta_э$ для большинства экранов лежит в пределах $50-98,8\%$.

Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. Теплоотражающие экраны изготавливаются из алюминия или стали, а также фольги или сетки на их основе. Теплопоглощающие экраны представляют собой конструкции из

огнеупорного кирпича, асбестового картона или стекла (прозрачные экраны). Теплоотводящие экраны — это полые конструкции, охлаждаемые изнутри водой.

СОЗДАНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Для создания требуемых параметров микроклимата в производственном помещении применяют системы вентиляции и кондиционирования воздуха, а также различные отопительные устройства. Вентиляция представляет собой смену воздуха в помещении, предназначенную поддерживать в нем соответствующие метеорологические условия и чистоту воздушной среды.

Вентиляция помещений достигается удалением из них нагретого или загрязненного воздуха и подачей чистого наружного воздуха. Общеобменная вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров воздушной среды во всем объеме помещения. Схема такой системы вентиляции представлена на рис. 1.1.



Для эффективной работы системы общеобменной вентиляции при поддержании требуемых параметров микроклимата количество воздуха, поступающего в помещение ($L_{пр}$) должно быть практически равно количеству воздуха, удаляемого из него ($L_{выт}$)

Для эффективного удаления избытков явной теплоты температура приточного воздуха должна быть на $5-8^{\circ}\text{C}$ ниже температуры воздуха в рабочей зоне.

По способу перемещения воздуха вентиляция может быть как естественной, так и с механическим побуждением, возможно также сочетание этих двух способов. При *естественной* вентиляции воздух перемещается за счет разности температур в помещении и наружного воздуха, а также в результате ветрового давления (действия ветра). Способы естественной вентиляции: инфильтрация, проветривание, аэрация, с использованием дефлекторов.

При *механической* вентиляции воздух перемещается с помощью специальных воздухоудувных машин-вентиляторов, создающих определенное давление и служащих для перемещения воздуха в вентиляционной сети.

По месту действия вентиляция бывает общеобменной и местной. *Общеобменная* вентиляция обеспечивает поддержание требуемых параметров воздушной среды во всем объеме помещения, а *местная* — в определенной его части.

Воздух, всасываемый вентиляторами из атмосферы, после очистки и подогрева поступает в специальные каналы, называемые воздуховодами, и разводится по производственному помещению. Такая вентиляция называется *приточной*. Нагретый воздух из помещения, содержащий водяные пары, отводится из помещения с помощью системы вытяжной вентиляции.

Приточная и вытяжная ветвь вентиляции могут быть объединены, в этом случае система вентиляции называется *приточно-вытяжной*. Большое распространение на практике получила приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией воздуха. Для нее характерно использование части воздуха, удаляемого из помещения и прошедшего очистку в системе приточной вентиляции. При этом рециркулирующий воздух разбавляется частью свежего воздуха, поступающего из атмосферы. Использование такой системы вентиляции позволяет снизить расходы на очистку воздуха, поступающего из атмосферы, и на его нагрев в холодное время года.

Как уже сказано выше, для создания требуемых параметров микроклимата на определенном участке производственного помещения служит местная приточная вентиляция. В отличие от общеобменной приточной вентиляции она подает воздух не во все помещения, а лишь в ограниченную часть. Различают следующие устройства местной приточной вентиляции: воздушные души и оазисы, а также воздушно-тепловые завесы.

Воздушные души применяются для защиты работающих от воздействия теплового излучения интенсивностью 350 Вт/м^2 и более. Принцип действия этого устройства основан на обдуве работающего струей увлажненного воздушного потока, скорость которого составляет 1-3,5 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. Указанные источники используются в горячих цехах.

Для защиты людей от переохлаждения в холодное время года в дверных проемах и воротах устраивают *воздушные* и *воздушно-тепловые завесы*. Принцип их работы

основан на том, что под углом к холодному воздушному потоку, поступающему в помещение, направлен воздушный поток (комнатной температуры или подогретый), который либо снижает скорость и изменяет направление холодного воздушного потока, уменьшая вероятность возникновения сквозняков в производственном помещении, либо подогревает холодный поток (в случае воздушно-тепловой завесы). Такие воздушно-тепловые завесы установлены на входах на станции метрополитена, а также в дверях крупных магазинов.

В настоящее время для поддержания требуемых параметров микроклимата широко применяются установки для кондиционирования воздуха (кондиционеры). *Кондиционированием воздуха* называется создание и автоматическое поддержание в производственных или бытовых помещениях независимо от внешних метеорологических условий постоянных или изменяющихся по определенной программе температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, сочетание которых создает комфортные условия труда или требуется для нормального протекания технологического процесса. Кондиционер - это автоматизированная вентиляционная установка, которая поддерживает в помещении заданные параметры микроклимата. Эксплуатация установок для кондиционирования воздуха обычно дороже, чем вентиляционных систем.

Для поддержания заданной температуры воздуха в помещениях в холодное время года используют различные системы отопления: водяная, паровая, воздушная и комбинированная.

В системах *водяного отопления* в качестве теплоносителя используется вода, нагретая либо до 100°С либо перегретая выше этой температуры. Эти системы отопления наиболее эффективны в санитарно-гигиеническом отношении.

Системы *парового отопления* используются, как правило, в промышленных помещениях. Теплоносителем в них является водяной пар низкого или высокого давления.

В *воздушных системах* для отопления используется нагретый в специальных установках (калориферах) воздух. *Комбинированные системы* отопления используют в качестве элементов рассмотренные выше системы отопления.

Параметры микроклимата в производственных помещениях контролируются различными контрольно-измерительными приборами. Для измерения температуры воздуха в производственных помещениях применяют ртутные (для измерения темпера-

туры выше 0°C) и спиртовые (для измерения температуры ниже 0°C) термометры. Если требуется постоянная регистрация изменения температуры во времени, используют приборы, называемые термографами.

Для измерения относительной влажности воздуха, используются приборы, называемые психрометрами и гигрометрами, а для регистрации изменения этого параметра во времени служит гигрограф.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Виды вредных веществ

Выполнение различных видов работ в промышленности сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ. *Вредное вещество* - это вещество, которое в случае нарушения требования безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений.

Наиболее благоприятен для дыхания атмосферный воздух, содержащий (% по объему) азота - 78,08, кислорода - 20,95, инертных газов - 0,93, углекислого газа - 0,03, прочих газов - 0,01.

Вредные вещества, выделяющиеся в воздух рабочей зоны, изменяют его состав, в результате чего он существенно может отличаться от состава атмосферного воздуха.

При проведении различных технологических процессов в воздух выделяются твердые и жидкие частицы, а также пары и газы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы - аэродисперсные системы - аэрозоли.

Аэрозолями называют воздух или газ, содержащие в себе взвешенные твердые и жидкие частицы. Аэрозоли принято делить на пыль, дым, туман.

Пыли или дымы - это системы, состоящие из воздуха или газа и распределенных в них частиц твердого вещества, а туманы - системы, образованные воздухом или газом и частицами жидкости.

Размеры твердых частиц пылей превышают 1 мкм, а размеры твердых частиц дыма меньше этого значения. Различают крупнодисперсную (размер твердых частиц более 50 мкм), среднедисперсную (от 10 до 50 мкм) и мелкодисперсную (размер частиц менее 10

мкм) пыль. Размер жидких частиц, образующих туманы, обычно лежит в пределах от 0,3 до 5 мкм.

Проникновение вредных веществ в организм человека происходит через дыхательные пути (основной путь), а также через кожу и с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Действие этих веществ следует рассматривать как воздействие опасных или вредных производственных факторов, так как они оказывают негативное (токсическое) действие на организм человека. В результате воздействия этих веществ у человека возникает отравление - болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества.

Существуют различные классификации вредных веществ, в основу которых положено их действие на человеческий организм. Вредные вещества делятся на шесть групп: общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию человеческого организма.

Общетоксические вещества вызывают отравление всего организма. Это оксид углерода, свинец, ртуть, мышьяк и его соединения, бензол и др.

Раздражающие вещества вызывают раздражение дыхательного тракта и слизистых оболочек человеческого организма. К этим веществам относятся: хлор, аммиак, пары ацетона, оксиды азота, озон и ряд других веществ.

Сенсибилизирующие вещества действуют как аллергены, т.е. приводят к возникновению аллергии у человека. Этим свойством обладают формальдегид, различные нитросоединения никотинамид, гексахлоран и др.

Воздействие *канцерогенных веществ* на организм человека приводит к возникновению и развитию злокачественных опухолей (раковых заболеваний). Канцерогенными являются оксиды хрома 3,4-бензпирен, бериллий и его соединения, асбест и др.

Мутагенные вещества при воздействии на организм вызывают изменение наследственной информации. Это радиоактивные вещества, марганец, свинец и т.д.

Среди *веществ, влияющих на репродуктивную функцию человеческого организма*, следует в первую очередь назвать ртуть, свинец, стирол, марганец, ряд радиоактивных веществ и др.

Пыль, попадая в организм человека, оказывает фиброгенное воздействие, заключающееся в раздражении слизистых оболочек дыхательных путей. Оседая в легких, пыль задерживается в них. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания легких - пневмокониозы.

Все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы: 1 - чрезвычайно опасные, 2 - высокоопасные, 3 - умеренно опасные, 4 - малоопасные. Опасность устанавливается в зависимости от величины ПДК, средней смертельной дозы и зоны острого или хронического действия.

Если в воздухе содержится вредное вещество, то его концентрация не должна превышать величины ПДК.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Основные характеристики производственного освещения

Производственное освещение - неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Видимый свет — это электромагнитные волны с длиной волны от 770 до 380 нм. Он входит в оптическую область электромагнитного спектра, который ограничен длинами волн от 10 до 340 000 нм. Кроме видимого света в оптическую область входит ультрафиолетовое излучение (длины волн от 10 до 380 нм) и инфракрасное (тепловое) излучение (от 770 до 340 000 нм).

С физической точки зрения любой источник света — это скопление множества возбужденных или непрерывно возбуждаемых атомов. Каждый отдельный атом вещества является генератором световой волны.

С физиологической точки зрения свет является возбудителем органа зрения человека (зрительного анализатора). Человеческий глаз различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Приблизительные границы длин волн (нм) и соответствующие им ощущения (цвета) следующие:

380-455 - фиолетовый	540-590 - желтый
455-470 - синий	590-610 - оранжевый
470-500 - голубой	610-770 - красный

Наибольшая чувствительность органов зрения человека приходится на излучение с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

Введем основные световые величины, позволяющие количественно описать видимое излучение.

Часть лучистого потока, воспринимаемая органами зрения человека как свет, называется *световым потоком*, обозначается буквой Φ и измеряется в люменах (лм). С физической точки зрения световой поток - это мощность видимого излучения, т.е. световая энергия, излучаемая по всем направлениям за единицу времени. Но так как измерение светового потока основывается на зрительном восприятии, то световой поток - величина не только физическая, но и физиологическая.

Пространственную плотность светового потока называют *силой света* и измеряют в канделах (кд). Она характеризует неравномерность распространения светового потока в пространстве.

Следующая светотехническая величина - это освещенность. *Освещенностью* поверхности E называется величина, измеряемая отношением светового потока $d\Phi$ падающего на поверхность dS , к величине поверхности dS . Освещенность измеряется в люкса (лк).

Яркость используется для характеристики протяженного источника света, обладающего светящейся поверхностью dS . *Яркость* протяженного источника света L определяется отношением силы света в данном направлении dI к поверхности источника, видимой по этому направлению, либо отношением светового потока $d\Phi$ к произведению телесного угла $d\Omega$ внутри которого излучается поток, на видимую поверхность источника света. Яркость измеряется в кд/м².

Кроме перечисленных выше светотехнических величин используют *коэффициент отражения*, характеризующий способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Как следует из определения, ρ — безразмерная величина.

Рассмотренные светотехнические величины относятся к количественным показателям производственного освещения.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное. *Естественное* освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. С физиологической точки зрения естественное

освещение наиболее благоприятно для человека. Естественное освещение в течение дня меняется в достаточно широких пределах в зависимости от состояния атмосферы (облачность).

Различают боковое естественное освещение — через световые проемы (окна) в наружных стенах и верхнее естественное освещение, при котором световой поток поступает через световые проемы, расположенные в верхней части (крыше) здания (аэрационные и зенитные фонари и т.д.). Если используется оба вида освещения, то оно называется комбинированным.

Для характеристики естественного освещения используется *коэффициент естественной освещенности* (КЕО).

Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах 0,1-12%.

Искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Общее предназначено для освещения всего производственного помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным.

Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют *совмещенным*.

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

Создание требуемых условий освещения на рабочем месте

Для создания наилучших условий для видения в процессе труда рабочие места должны быть нормально освещены. Требуемый уровень освещенности в первую очередь определяется точностью выполняемых работ и степенью опасности травмирования. Для характеристики точности выполняемых работ вводится понятие объекта различения - это наименьший размер рассматриваемого предмета, который необходимо различить в процессе работы. Например, при выполнении чертежных работ объектом различения служит толщина самой тонкой, линии на чертеже, при работе с печатной документацией - наименьший размер в тексте имеет точка и т.д.

Большое значение имеет характер фона, на котором рассматриваются объекты, т. е. поверхности, непосредственно прилегающей к объекту различения, и контраст объекта с фоном, который определяется соотношением яркостей рассматриваемых объекта и фона.

Количественно фон может быть охарактеризован коэффициентом отражения ρ светового потока от поверхности, образующей фон. Значение ρ лежит в пределах 0,02-0,95. Если оно превышает 0,4, то фон называется светлым, при $\rho = 0,2-0,4$ – средним, при $\rho < 0,2$ – темным.

Контраст объекта с фоном (K) определяется при $K > 0,5$ контраст объекта с фоном считается большим, при $K = 0,2-0,5$ – средним, при $K < 0,2$ - малым.

Большое значение имеет также равномерность распределения яркости на рабочей поверхности, отсутствие на ней резких теней, постоянство величины освещенности во времени и ряд других факторов.

Для создания искусственного освещения применяются различные электрические источники света: лампы накаливания и разрядные источники света. Кратко рассмотрим основные параметры электрических источников света. К числу наиболее важных из них относятся показатели, характеризующие излучение, электрический режим и конструктивные параметры. Излучение электрических источников света характеризуется световым потоком, силой света (силой излучения), энергетической (световой) яркостью и ее распределением, распределением излучения по спектру, а также изменением этих величин в зависимости от времени работы на переменном токе. Для характеристики цвета излучения осветительных ламп дополнительно вводятся цветовые параметры.

Электрический режим характеризуется мощностью лампы рабочим напряжением на лампе, напряжением питания, силой тока и родом тока (постоянный, переменный с определенной частотой и др.).

К конструктивным параметрам ламп относятся их габаритные и присоединительные размеры, высота светового центра размеры излучающего света, форма колбы, ее оптические свойства (прозрачная, матированная, зеркализированная и т.д.), конструкции ввода и др.

К эксплуатационным параметрам электрических источников света относятся эффективность, надежность, экономичность и др.

Эффективность источника света определяется как энергетическим КПД преобразования электрической энергии в оптическое излучение, так и эффективным КПД

лампы, который представляет собой долю энергии оптического излучения, превращаемую в эффективную энергию приемника (человеческого глаза), т. е. эффективная энергия приемника (человеческого глаза) представляет собой ту часть энергии оптического излучения, которая вызывает в зрительном анализаторе человека определенные ощущения.

Надежность источников оптического излучения характеризуют полным сроком службы или продолжительностью горения и полезным сроком службы, т. е. временем экономически целесообразной эксплуатации лампы. Обычно за эту характеристику выбирают время, в течение которого световой поток, излучаемый лампой, изменяется не более чем на 20%.

Источники света массового применения должны обладать *экономичностью*, за которую обычно принимают стоимость их эксплуатации, отнесенную к одному люмен-часу.

Для освещения производственных помещений используют либо лампы накаливания (источники теплового излучения), либо разрядные лампы.

К преимуществам ламп накаливания следует отнести простоту их изготовления, удобство в эксплуатации. Эти лампы включаются в электрическую сеть без использования каких-либо дополнительных устройств. Основные недостатки - небольшой срок службы ($\approx 2,5$ тыс. ч) и невысокая светоотдача. Кроме того, спектр ламп накаливания, в котором преобладают желтые и красные лучи, значительно отличается от спектра естественного (солнечного) света, что вызывает искажение цветопередачи и не позволяет использовать данные лампы для освещения тех работ, для которых требуется различение оттенков цветов.

Для освещения производственных помещений в настоящее время используют лампы накаливания следующих типов: вакуумные (НВ), газонаполненные биспиральные (НБК), рефлекторные (НР), являющиеся лампами-светильниками (часть колбы такой лампы покрыта зеркальным слоем), обладающие большой мощностью кварцевые галогенные лампы (КГ) и др.

Разрядные лампы также широко применяются для освещения производственных помещений. По сравнению с лампами накаливания они обладают повышенной световой отдачей, большим сроком службы (до 10 000 ч). Спектр их излучения близок к спектру естественного света.

К недостаткам разрядных ламп в первую очередь следует отнести пульсацию светового потока (периодическое его изменение при работе лампы), ухудшающую условия зрительной работы. Для стабилизации светового потока необходимо использовать дополнительную аппаратуру. Специальные пусковые устройства применяют для включения разрядных ламп. Кроме того, эти лампы при работе могут создавать радиопомехи, для подавления которых устанавливают фильтры. Все это приводит к повышению затрат при монтаже осветительной сети из разрядных ламп по сравнению с лампами накаливания.

Из разрядных источников света на промышленных предприятиях широко применяют различные люминесцентные лампы (ЛЛ), дуговые ртутные лампы (ДРЛ), рефлекторные дуговые ртутные лампы с отражающим слоем (ДРЛР) и ряд других.

Разработаны и используются для освещения компактные люминесцентные лампы. Особенностью этих разрядных ламп является то, что они предназначены для непосредственной замены ламп накаливания, так как снабжены стандартным резьбовым цоколем и могут вворачиваться в электрический патрон, как обыкновенные лампы накаливания. Компактные люминесцентные лампы дают большую экономию электроэнергии. Современные разрядные источники света постепенно вытесняют из обихода лампы накаливания. В развитых странах мира разрядные лампы создают более половины светового потока и предполагается, что в будущем эта доля будет возрастать.

Источники света располагаются в специальной осветительной аппаратуре, основная функция которой - перераспределение светового потока лампы с целью повышения эффективности осветительной установки. Комплекс, состоящий из источника света и осветительной арматуры, называют светильником или осветительным прибором.

От степени зрительного напряжения все работы делятся на восемь разрядов (I - VIII) и четыре подразряда (а, б, в, г).

Для измерения освещенности в производственных помещениях применяют приборы, называемые люксометрами. Эти приборы измеряют фототок, возникающий в цепи селенового фотоэлемента и соединенного с ним измерительного прибора под влиянием падающего на чувствительный слой светового потока. Чем больше световой поток, тем сильнее отклоняется стрелка прибора от нулевой точки. Прибор градуирован в люксах.

К средствам индивидуальной защиты органов зрения относятся различные защитные очки, щитки и шлемы. Все они должны защищать органы зрения от ультрафиолетового и инфракрасного излучений, повышенной яркости видимого излучения и ряда других факторов. Указанные средства защиты снабжены специальными светофильтрами, которые подбираются в зависимости от характера и интенсивности излучения.

ЗАЩИТА ОТ ШУМА УЛЬТРА- И ИНФРАЗВУКА, ВИБРАЦИИ

Действие шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации на организм человека

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. С точки зрения безопасности труда шум и вибрация - одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве, которые при определенных условиях могут выступать как опасные производственные факторы. Кроме шумового и вибрационного воздействия, вредное влияние на человека в процессе труда могут оказывать инфразвуковые и ультразвуковые колебания.

Рассмотрим основные физические характеристики шума, вибрации, ультра- и инфразвука.

Шум — это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. С физиологической точки зрения шумом называют любой нежелательный звук, оказывающий вредное воздействие на организм человека.

Звуковые колебания, воспринимаемые органами слуха человека являются механическими колебаниями, распространяющейся в упругой среде (твердой, жидкой или газообразной). Основным признаком механических колебаний является полость процесса движения через определенный промежуток времени. Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называют *периодом колебаний* (T), а обратную ему величину, - частотой колебаний (f).

Таким образом, частота колебаний определяет число колебаний, произошедших за 1 секунду. Единица измерения частоты - герц (Гц), $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$

Колебания в упругой среде не ограничиваются центром возбуждения этих колебаний. Колеблющиеся частицы среды передают свою энергию соседним частицам. Процесс распространения колебаний в упругой среде называется *волной*. Каждая из

частиц среды при этом колеблется около положения устойчивого равновесия. Поверхность, которая отделяет колеблющиеся частицы от частиц, пока еще не пришедших в колебательное движение, называют фронтом волны. Совокупность точек, колеблющихся в одинаковых фазах, образует волновую поверхность. Все точки фронта волны имеют нулевую фазу. Отсюда следует, что фронт волны представляет собой одну из волновых поверхностей. Фронт волны расположен перпендикулярно к направлению распространения волны. По форме фронта волны различают плоские и сферические. Расстояние между двумя соседними частицами, находящимися в одинаковом режиме движения или в одинаковой фазе, называется длиной волны λ .

Источник звуковых колебаний, возбуждающий *плоские волны*, представляет собой плоскую поверхность, размер которой существенно больше длины волны. Фронты этих волн расположены параллельно плоскости возбуждения.

Сферическая волна создается маленьким по сравнению с длиной волны возбудителем колебаний — точечным источником звуковых колебаний. При очень большом (бесконечном) удалении источника звуковых колебаний сферические волны могут частично становиться плоскими.

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха и вызываемое ею ощущение громкости зависят от звукового давления. Звуковое давление — это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при нахождении там звуковой волны.

Разрыв барабанных перепонок в органах слуха человека происходит под воздействием шума, уровень звукового давления которого составляет ≈ 186 дБ. Воздействие на организм человека шума, уровень которого около 196 дБ, приведет к повреждению легочной ткани (порог легочного повреждения).

Однако не только сильные шумы, приводящие к мгновенной глухоте или повреждению органов слуха человека, вредно отражаются на здоровье и работоспособности людей. Шумы небольшой интенсивности, порядка 50-60 дБА, негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические

нарушения, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания, тугоухость.

Последствия воздействия шума небольшой интенсивности на организм человека зависят от ряда факторов, в том числе возраста и состояния здоровья работающего, вида трудовой деятельности, психологического и физического состояния человека в момент действия шума и ряда других факторов. Шум, производимый самим человеком, обычно не беспокоит его. В отличие от этого посторонние шумы часто вызывают сильный раздражающий эффект. В ночное время шум с уровнем 30-40 дБА является серьезным беспокоящим фактором.

При постоянном воздействии шума на организм человека могут возникнуть патологические изменения, называемые шумовой болезнью, которая является профессиональным заболеванием.

Инфразвук также оказывает негативное влияние на органы слуха, вызывая утомление, чувство страха, головные боли и головокружения, а также снижает остроту зрения. Особенно неблагоприятно воздействие на организм человека инфразвуковых колебаний с частотой 4-12 Гц.

Вредное воздействие ультразвука на организм человека выражается в нарушении деятельности нервной системы, снижении болевой чувствительности, изменении сосудистого давления, а также состава и свойств крови. Ультразвук передается либо через воздушную среду, либо контактным путем через жидкую и твердую среду (действие на руки работающих). Контактный путь передачи ультразвука наиболее опасен для организма человека.

Рассмотрим воздействие вибрации на организм человека. *Вибрация* — это совокупность механических колебаний, простейшим видом которых являются гармонические. Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов. Примером таких устройств могут служить ручные перфораторы, кривошипно-шатунные механизмы и другие, детали которых совершают возвратно-поступательные движения. Вибрацию также создают неуравновешенные вращающиеся механизмы (электродрели, ручные шлифовальные машины, металлообрабатывающие станки, вентиляторы и т.д.), а также устройства, в которых движущиеся детали совершают ударные воздействия (зубчатые передачи, подшипники и т.д.). В промышленности также используются специальные

вибрационные установки, в частности, при уплотнении бетонных смесей, при дроблении, измельчении и сортировке сыпучих материалов, при разгрузке транспортных средств и в ряде других случаев.

Необходимо различать общую и местную вибрации: Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная - только на отдельные части его (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца).

При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушение сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности. Если частоты колебания рабочих мест совпадают с собственными частотами колебаний внутренних органов человека (явление резонанса), то возможно механическое повреждение данных органов вплоть до разрыва.

При действии на руки работающих местной вибрации (вибрирующий инструмент) происходит нарушение чувствительности кожи, окостенение сухожилий, потеря упругости кровеносных сосудов и чувствительности нервных волокон, отложение солей в суставах кистей рук и пальцев и другие негативные явления. Длительное воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию - вибрационной болезни, эффективное лечение которой возможно лишь на начальной стадии ее развития.

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Электромагнитные волны возникают при ускоренном движении электрических зарядов. Электромагнитные волны - это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей. Совокупность этих полей, неразрывно связанных друг с другом, называется *электромагнитным полем*. Несмотря на то, что длина электромагнитных волн и их свойства различны, все они, начиная от радиоволн и заканчивая гамма-излучением, - одной физической природы. По мере убывания длины волны в диапазон включаются радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет (световые лучи), ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и гамма-излучение.

Источниками электромагнитных полей являются атмосферное электричество, космические лучи, излучение солнца, а также искусственные источники: различные генераторы, трансформаторы, антенны, лазерные установки, микроволновые печи, мониторы компьютеров и др. На предприятиях источниками электромагнитных полей промышленной частоты являются высоковольтные линии электропередач (ЛЭП),

измерительные приборы, устройства защиты и автоматики, соединительные шины и др. В зависимости от длины волны электромагнитное излучение делят на ряд диапазонов.

Электромагнитная волна, распространяясь в неограниченном пространстве со скоростью света, создает переменное электромагнитное поле, которое способно воздействовать на заряженные частицы и токи, в результате чего происходит превращение энергии поля в другие виды энергии. Как уже сказано выше, переменное электромагнитное поле представляет собой совокупность магнитного и электрического полей, количественной характеристикой которых являются напряженность электрического поля E (размерность — вольт на метр, или, сокращенно, В/м) и напряженность магнитного поля H (размерность — ампер на метр, или, сокращенно, А/м).

Переменные электромагнитные поля способны оказывать негативное воздействие на организм человека, последствия которого зависят от напряженности электрического и магнитного полей, частоты излучения, плотности потока энергии, размера облучаемой поверхности тела человека и индивидуальных способностей его организма. Ткани человеческого организма поглощают энергию электромагнитного поля, в результате этого происходит нагрев тела человека. Интенсивнее всего электромагнитные поля воздействуют на органы и ткани с большим содержанием воды: мозг, желудок, желчный и мочевой пузырь, почки. При воздействии электромагнитного излучения на глаза человека возможно помутнение хрусталика (катаракта).

Как известно, человеческий организм обладает свойством терморегуляции, т. е. поддержания постоянной температуры тела.

При нагреве человеческого организма в электромагнитном поле происходит отвод избыточной теплоты до плотности потока энергии $I=10$ мВт/см². Эта величина называется *тепловым порогом*, начиная с которого система терморегуляции не справляется с отводом генерируемого тепла, происходит перегрев организма человека, что негативно сказывается на его здоровье.

Воздействие электромагнитных полей с интенсивностью меньшей теплового порога, также небезопасно для здоровья человека. Оно нарушает функции сердечно-сосудистой системы, ухудшает обмен веществ, приводит к изменению состава крови, снижает биохимическую активность белковых молекул.

При длительном воздействии на работающих электромагнитного излучения различной частоты возникают повышенная утомляемость, сонливость или нарушение сна, боли в области сердца, торможение рефлексов и т.д.

Произошедшие под действием электромагнитных полей нарушения в организме обратимы, если в нем не произошло патологических изменений. Для этого необходимо либо прекратить контакт с излучением, либо разработать мероприятия по защите от него.

При воздействии на организм человека постоянных магнитных и электростатических полей с интенсивностью, превышающей безопасный уровень, могут развиваться нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и пищеварения, возможно изменение состава крови и др. Электрические поля промышленной частоты ($f = 50$ Гц) воздействуют на мозг и центральную нервную систему.

Между человеком, находящимся в таком поле и обладающим определенным потенциалом, и металлическим проводником с меньшим потенциалом может возникнуть электрический заряд, приводящий к судорожным сокращениям мышц или иным, более тяжелым последствиям.

Рассмотрим *основные методы защиты от электромагнитных излучений*. К ним следует отнести рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов, исключающее или ослабляющее воздействие излучения на персонал; ограничение места и времени нахождения, работающих в электромагнитном поле; защита расстоянием, т. е. удаление рабочего места от источника электромагнитных излучений; уменьшение мощности источника излучений; использование поглощающих или отражающих экранов; применение средств индивидуальной защиты и некоторые др.

Из перечисленных выше методов защиты чаще всего применяют экранирование или рабочих мест, или непосредственно источника излучения. Различают отражающие и поглощающие экраны. Первые изготавливают из материалов с низким электросопротивлением, чаще всего из металлов или их сплавов (меди, латуни, алюминия и его сплавов, стали). Весьма эффективно и экономично использовать не сплошные экраны, а изготовленные из проволочной сетки или из тонкой (толщиной 0,01—0,05 мм) алюминиевой, латунной или цинковой фольги. Хорошей экранирующей способностью обладают токопроводящие краски (в качестве токопроводящих элементов используют коллоидное серебро, порошок графит, сажу и др.), а также металлические покрытия, нанесенные на поверхность защитного материала. Экраны должны заземляться.

Защитные действия таких экранов заключаются в следующем. Под действием электромагнитного поля в материале экрана возникают вихревые токи (токи Фуко), которые наводят в нем вторичное поле. Амплитуда наведенного поля приблизительно равна амплитуде экранируемого поля, а фазы этих полей противоположны. Поэтому результирующее поле, возникающее в результате суперпозиции (сложения) двух рассмотренных полей, быстро затухает в материале экрана, проникая в него на малую глубину.

Другой вид экранов - поглощающие. Их действие сводится к поглощению электромагнитных волн. Эти экраны изготавливаются в виде эластичных и жестких пенопластов, резиновых ковриков, листов поролона или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных пластин. Отраженная мощность излучения от этих экранов не превышает 4%.

Существуют и другие типы экранов, например, многослойные.

Экранами могут защищаться оконные проемы и стены зданий и сооружений, находящихся под воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ). Строительные конструкции (стены, перекрытия зданий), а также отделочные материалы (краски и т.д.) могут либо поглощать, либо отражать электромагнитные волны.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты, возникающих вдоль линий высоковольтных электропередач (ЛЭП), необходимо увеличивать высоту подвеса проводов линий, уменьшать расстояние между ними, создавать санитарно-защитные зоны вдоль трассы ЛЭП на населенной территории. В этих зонах ограничивается длительность работ, а также заземляются машины и оборудование.

Особым видом электромагнитного излучения является лазерное излучение, которое генерируется в специальных устройствах, называемых оптическими квантовыми генераторами или лазерами. Эти устройства широко применяются в различных областях науки и техники, в том числе для обработки различных материалов (получение отверстий, резка и т.д.), в медицине (проведение различных операций), в системах связи для передачи сигналов по лазерному лучу, для измерения расстояний, для получения объемных изображений предметов - голограмм и в ряде других областей.

Лазерное излучение — электромагнитное излучение, генерируемое в диапазоне волн 0,2-1000 мкм. Этот диапазон делится на следующие области спектра в соответствии с биологическим действием лазерного луча: 0,2-0,4 мкм – ультрафиолетовая область,

0,4-0,75 - видимая, 0,75-1,4 мкм – ближняя инфракрасная, свыше 1,4 мкм - дальняя инфракрасная область. Наиболее часто используют в технике лазеры с длинами волн, 0,34 0,49-0,51, 0,53, 0,694, 1,06 и 10, 6 мкм.

Воздействие излучения лазера на организм человека до конца не изучено. При работе лазерных установок на организм человека могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы: мощное световое излучение от ламп накачки, ионизирующее излучение, высокочастотные и сверхчастотные электромагнитные поля, инфрокрасное излучение, шум, вибрация, возникающие при работе лазерных установок человека

При воздействии лазерного излучения на организм человека возникают различные биологические эффекты, которые от энергетических и временных параметров излучения и в первую очередь от энергетической экспозиции в импульсе, длины волны и времени воздействия лазерного излучения, вида облучаемой ткани человеческого организма и ряда других факторов.

Таким образом, с физической точки зрения энергетическая экспозиция — это отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка, умноженное на длительность облучения.

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, развившимися вследствие облучения.

Наиболее чувствителен к воздействию лазерного излучения глаз человека. Воздействие на него лазерного излучения может привести к ожогам сетчатки и даже к потере зрения. Опасно попадание лазерного луча и на кожу человека, в результате чего могут возникнуть ожоги различной степени тяжести, и даже обугливание кожи. Лазерные лучи высокой интенсивности могут вызвать не только повреждения кожи, но и поражение различных внутренних тканей и органов человека, что выражается в виде кровоизлияний, отеков, а также свертывания или распада крови.

К основным *коллективным средствам защиты от лазерного излучения* относятся применение защитных экранов и кожухов; использование телевизионных систем наблюдения за ходом технологического процесса с использованием лазера, а также

блокировки и сигнализации; ограждение лазерно-опасной зоны, размеры которой определяет или расчетным, или экспериментальным путем.

Для индивидуальной защиты от электромагнитного излучения применяют специальные комбинезоны и халаты, изготовленные из металлизированной ткани (экранируют электромагнитные поля), а для защиты от действия лазера обслуживающий персонал должен работать в технологических халатах, изготовленных из хлопчатобумажной или бязевой ткани светло-зеленого или голубого цвета.

Для защиты глаз от воздействия электромагнитного излучения применяют очки марки ЗП5-90, стекла которых покрыты диоксидом олова (SnO_2), обладающим полупроводниковыми свойствами.

Основные характеристики ионизирующих излучений

Ионизирующими называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию электрических зарядов различных знаков. Источники этих излучений широко используются в технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и других областях, например, при измерении плотности почв, обнаружении течей в газопроводах, измерении толщины листов, труб и стержней, антистатической обработке тканей, полимеризации пластмасс, радиационной терапии злокачественных опухолей и др. Однако следует помнить, что источники ионизирующего излучения представляют существенную угрозу здоровью и жизни использующих их людей.

Существуют два вида ионизирующих излучений:

- корпускулярное, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета-излучение и нейтронное излучение);
- электромагнитное (гамма(γ)-излучение и рентгеновское) с очень малой длиной волны.

Рассмотрим основные характеристики указанных излучений.

Альфа (α)-излучение представляет собой поток ядер гелия, обладающих большой скоростью. Эти ядра имеют массу 4 и заряд +2. Они образуются при радиоактивном распаде ядер или при ядерных реакциях. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер которые, пуская альфа-частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона

Энергия альфа-частиц не превышает нескольких МэВ. Излучаемые альфа-частицы движутся практически прямолинейно со скоростью примерно 20 000 км/с.

Под длиной пробега частицы в воздухе или других средах принято называть наибольшее расстояние от источника излучения, при котором еще можно обнаружить частицу до ее поглощения веществом. Длина пробега частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии и среды, в которой происходит движение. С возрастанием начальной энергии частицы и уменьшением плотности среды длина пробега увеличивается. Если начальная энергия излучаемых частиц одинакова, то тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие. Если частицы движутся медленно, то их взаимодействие с атомами вещества среды более эффективно и частицы быстрее растрачивают имеющийся у них запас энергии.

Длина пробега альфа-частиц в воздухе обычно менее 10 см.

Бета-излучение представляет собой поток электронов (β^- -излучение, или чаще всего, просто β^- -излучение) или позитронов (β^+ -излучение), возникающих при радиоактивном распаде. В настоящее время известно около 900 бета-радиоактивных изотопов.

Масса бета-частиц в несколько раз меньше массы альфа-частиц. В зависимости от природы источника бета-излучений скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3-0,99 скорости света. Длина пробега в воздухе составляет приблизительно 1800 см, а в мягких тканях человеческого тела $\approx 2,5$ см. Проникающая способность бета-частиц выше, чем альфа-частиц (из-за меньшей массы и заряда).

Гамма-излучение (γ -излучение) представляет собой электромагнитное излучение с высокой энергией и с малой длиной волны. Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01-3МэВ) и малая длина волны обуславливает большую проникающую способность гамма-излучения. Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем альфа- и бета-излучение

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде окружающей источник бета-излучения, и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения.

Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.

Для характеристики воздействия ионизирующего излучения на вещество введено понятие дозы излучения. *Дозой излучения* называется часть энергии, переданная

излучением веществу и поглощенная им. Количественной характеристикой взаимодействия ионизирующего излучения и вещества является *поглощенная доза излучения* (D), равная отношению средней энергии dE переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе облученного вещества в этом объеме dm

$$D = dE / dm$$

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят 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.

До недавнего времени за количественную характеристику только рентгеновского и гамма-излучения, основанную на их ионизирующем действии, принималась *экспозиционная доза* X — отношение полного электрического заряда dQ ионов одного знака возникающих в малом объеме сухого воздуха к массе воздуха dm в этом объеме, т. е. $X = dQ / dm$

Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг).

Для оценки возможного ущерба здоровья при хроническом воздействии ионизирующего излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы* (Н). Эта величина определяется как произведение поглощенной дозы D на средний коэффициент качества излучения Q , (безразмерный) в данной точке ткани человеческого тела, т. е.:

$$H = DQ$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв).

Существует еще одна характеристика ионизирующего излучения - *мощность дозы* X (соответственно поглощенной, экспозиционной или эквивалентной), представляющая собой приращение дозы за малый промежуток времени dx , деленное на этот промежуток dt . Так, мощность экспозиционной дозы (X или W , Кл/кгс) составит:

$$\overline{X} = W = dx / dt$$

Аналогично рассчитывают мощность поглощенной (Гр/с) или эквивалентной (Зв/с) доз.

Биологическое действие рассмотренных излучений на организм человека различно.

Альфа-частицы, проходя через вещество и сталкиваясь с атомами, ионизируют (заряжают) их, выбивая электроны. В редких случаях эти частицы поглощаются ядрами атомов, переводя их в состояние с большей энергией. Эта избыточная энергия способствует протеканию различных химических реакций, которые без облучения не идут или идут очень медленно. Альфа-излучение производит сильное действие на органические вещества, из которых состоит человеческий организм (жиры, белки и углеводы). На слизистых оболочках это излучение вызывает ожоги и другие воспалительные процессы.

Под действием бета-излучений происходит радиолиз (разложение) воды, содержащейся в биологических тканях, с образованием водорода, кислорода, пероксида водорода H_2O_2 , заряженных частиц (ионов) OH^- и HO_2^- . Продукты разложения воды обладают окислительными свойствами и вызывают разрушение многих органических веществ, из которых состоят ткани человеческого организма.

Действие гамма- и рентгеновского излучений на биологические ткани обусловлено в основном образующимися свободными электронами. Нейтроны, проходя через вещество, производят в нем наиболее сильные изменения по сравнению с другими ионизирующими излучениями.

Таким образом, биологическое действие ионизирующих излучений сводится к изменению структуры или разрушению различных органических веществ (молекул), из которых состоит организм человека. Это приводит к нарушению биохимических процессов, протекающих в клетках, или даже к их гибели, в результате чего происходит поражение организма в целом.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма. Под внешним облучением понимают воздействие на организм ионизирующих излучений от внешних по отношению к нему источников. Внутреннее облучение осуществляется радиоактивными веществами, попавшими внутрь организма через дыхательные органы, желудочно-кишечный тракт или через кожные покровы. Источники внешнего излучения — космические лучи, естественные радиоактивные источники, находящиеся в атмосфере, воде, почве, продуктах питания и др., источники альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучений, используемые в технике и медицине, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы (в том числе и аварии на ядерных реакторах) и ряд других.

Радиоактивные вещества, вызывающие внутреннее облучение организма, попадают в него при приеме пищи, курении, питье загрязненной воды. Поступление радиоактивных веществ в человеческий организм через кожу происходит в редких случаях (если кожа имеет повреждения или открытые раны). Внутреннее облучение организма длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадется или не будет выведено из организма в результате процессов физиологического обмена. Внутреннее облучение опасно тем, что вызывает длительно незаживающие язвы различных органов и злокачественные опухоли.

При работе с радиоактивными веществами значительному облучению подвергаются руки операторов. Под действием ионизирующих излучений развивается хроническое или острое (лучевой ожог) поражение кожи рук. Хроническое поражение характеризуется сухостью кожи, появлением на ней трещин, изъязвлением и другими симптомами. При остром поражении кистей рук возникают отеки, омертвление тканей, язвы, на месте образования которых возможно развитие злокачественных опухолей.

Под влиянием ионизирующих излучений у человека возникает лучевая болезнь. Различают три степени ее: первая (легкая), вторая и третья (тяжелая).

Симптомами лучевой болезни первой степени являются слабость, головные боли, нарушение сна и аппетита, которые усиливаются на второй стадии заболевания, но к ним дополнительно присоединяются нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, изменяется обмен веществ и состав крови происходит расстройство пищеварительных органов. На третьей стадии болезни наблюдаются кровоизлияния и выпадение волос, нарушается деятельность центральной нервной системы и половых желез. У людей, перенесших лучевую болезнь, повышается вероятность развития злокачественных опухолей и заболеваний кроветворных органов. Лучевая болезнь в острой (тяжелой) форме развивается в результате облучения организма большими дозами ионизирующих излучений за короткий промежуток времени. Опасно воздействие на организм человека и малых доз радиации, так как при этом могут произойти нарушения наследственной информации человеческого организма, возникнуть мутации.

Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе об-

лучения 4,5 Зв. 100%-ный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5—7,0 Зв.

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ионизирующего излучения на организм человека.

Нормы облучения установлены для следующих трех категорий лиц:

- категория А — персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;
- категория Б — ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;
- категория В — население страны, республики, края и области.

Для лиц категории А основным дозовым пределом является *индивидуальная эквивалентная доза внешнего и внутреннего излучения за год* (Зв/год) в зависимости от радиочувствительности органов (критические органы). Это предельно допустимая доза (ПДД) — наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Для персонала категории А индивидуальная эквивалентная доза (Н, Зв), накопленная в критическом органе за время Т (лет) с начала профессиональной работы, не должна превышать значения, определяемого по формуле: $H = ПДД \cdot T$.

Кроме того, доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 12 ПДД.

Для категории Б установлен предел дозы за год (ПД, Зв/год), под которым понимают наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами В табл. 19.2 приведены основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучений в зависимости от радиочувствительности органов.

Защита от действия ионизирующих излучений

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в непревышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного

облучения и снижении Дозы излучения до возможно низкого уровня. С целью реализации этих принципов на практике обязательно контролируются дозы облучения, полученные персоналом при работе с источниками ионизирующих излучений, работа проводится в специально оборудованных помещениях, используется защита расстоянием и временем, применяются различные средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контакт с источниками ионизирующих излучений, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее пяти. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли и избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков должна производиться масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, — линолеумом, полихлорвиниловым пластиком и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и несплошностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Не менее одного раза в месяц проводят генеральную уборку помещений с обязательным мытьем горячей мыльной водой стен, окон, дверей, мебели и оборудования. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей. Защита временем заключается в том, что работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективными средствами защиты от ионизирующих излучений являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и

хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до Допустимой величины. Если работу с источниками ИОНИЗИРУЮЩИХ излучений проводят в специальном помещении — рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Экраны изготавливают из различных материалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения k . Величина k показывает, во сколько раз необходимо понизить энергетические показатели излучения (мощность экспозиционной дозы, поглощенную дозу, плотность потока частиц и др.), чтобы получить допустимые значения перечисленных характеристик.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т. д. используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария — BaSO_4). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа-излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливаются из свинца и стали.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими альфа- и бета-активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны — органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ионизирующих излучений опасная зона должна быть ограничена предупреждающими надписями.

Принцип действия приборов, предназначенных для контроля за персоналом, который подвергается воздействию ионизирующих излучений, основан на различных эффектах, возникающих при взаимодействии этих излучений с веществом. Основные методы обнаружения и измерения радиоактивности — ионизация газа сцинтилляционные и фотохимические методы. Наиболее часто используется ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации среды, через которую прошло излучение.

Сцинтилляционные методы регистрации излучений основаны на способности некоторых материалов, поглощая энергию ионизирующего излучения, превращать ее в световое излучение. Примером такого материала может служить сульфид цинка (ZnS). Сцинтилляционный счетчик представляет собой фотоэлектронную трубку с окошком, покрытым сульфидом цинка. При попадании внутрь этой трубки излучения возникает слабая вспышка света, которая приводит к возникновению в фотоэлектронной трубке импульсов электрического тока. Эти импульсы усиливаются и подсчитываются.

Фотохимические методы, или методы автордиографии, основаны на воздействии радиоактивного образца на слой фотоэмульсии, содержащий галогениды серебра. Уровень радиоактивности образца оценивают после проявления пленки.

Существуют и другие методы определения ионизирующих излучений, например калориметрические, которые основаны на измерении количества тепла, выделяющегося при взаимодействии излучения с поглощающим веществом.

Приборы дозиметрического контроля делятся на две группы: дозиметры, используемые для количественного измерения мощности дозы, и радиометры или индикаторы излучения, применяемые для быстрого обнаружения радиоактивных загрязнений.

К средствам индивидуальной защиты от ионизирующих излучений относится спецодежда — халаты, комбинезоны, полукOMBинезоны и шапочки, изготовленные из хлопчатобумажной ткани. При значительном загрязнении производственного помещения радиоактивными веществами на спецодежду из ткани дополнительно надевают

плечную одежду (нарукавники, брюки, фартук, халат и т.д.), изготовленную из пластика. Как уже сказано выше, для защиты рук следует использовать просвинцованные резиновые перчатки.

В тех случаях, когда приходится работать в условиях значительного радиационного загрязнения, для защиты персонала используют пневмокостюмы (скафандры) из пластмассовых материалов с поддувом по гибким шлангам воздуха или снабженные кислородным аппаратом. Для поддержания нормальных температурных условий в скафандре расход воздуха должен составлять 150-200 л/мин.

Для защиты органов зрения от излучения применяют очки со стеклами, содержащими специальные добавки (фосфат вольфрама или свинец), а при работе с источниками альфа- и бета-излучений глаза защищают щитками из органического стекла.

Если в воздухе находятся радиоактивные аэрозоли, то надежным средством защиты органов дыхания являются респираторы и противогазы.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Электрические установки, приборы и агрегаты широко распространены в различных отраслях техники и в быту. При работе с ними необходимо соблюдать требования электробезопасности, которые представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Молниезащита - это система защитных устройств и мероприятий, применяемых в промышленных и гражданских сооружениях для защиты их от аварии, пожаров при попадании в них молнии. Молния - особый вид прохождения электрического тока через огромные воздушные промежутки, источник которого атмосферный заряд, накопленный грозовым облаком.

Поражение электрическим током организма человека носит название *электротравмы*. На производстве число травм, вызванных электрическим током, относительно невелико и составляет 11-12% их общего числа, однако из всех случаев травм со смертельным исходом на долю электротравм приходится наибольшее количество (порядка 40%). До 80% всех случаев поражения электрическим током со

смертельным исходом приходится на электроустановки напряжением до 1000 В (в первую очередь работающих под напряжением 220—380 В).

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Первое заключается в нагреве и ожогах различных частей и участков тела человека, второе — в изменении состава (разложение) и свойств крови и других органических жидкостей. Биологическое действие электрического тока выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма и нарушении протекания в нем различных внутренних биоэлектрических процессов. Примером таких нарушений может служить прекращение процесса дыхания и остановка сердца.

Электротравмы принято делить на общие (электрические удары) и местные, под которыми понимают четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. Местные электротравмы — это электрические ожоги, электрические знаки на коже, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

Электрические ожоги вызываются протеканием тока через тело человека, особенно при непосредственном контакте тела с электрическим проводом, а также под воздействием на тело человека электрической дуги (дуговой ожог), температура которой достигает нескольких *тысяч градусов*. Приблизительно 2/3 всех электротравм сопровождается ожогами.

На коже в тех местах, где проходил электрический ток, появляются электрические знаки, представляющие собой пятна серого или бледно-желтого цвета. Эти пятна, как правило, излечиваются, и с течением времени пораженная кожа приобретает нормальный вид. Такие знаки встречаются примерно у каждого пятого получившего электротравму.

Под действием электрической дуги в верхние слои кожи человека могут проникнуть мелкие расплавленные частицы металла. Такая электротравма носит название *металлизации кожи* и встречается приблизительно у каждого десятого пострадавшего.

Довольно редко могут возникнуть механические повреждения органов и тканей человеческого тела (разрывы кожи и различных тканей, вывихи, переломы костей и др) в результате судорожных сокращений мышц, вызываемых действием тока.

Еще одним видом местной электротравмы является электроофтальмия - возникающее под действием ультрафиолетового излучения электрической дуги воспаление наружных оболочек глаз. В ряде случаев лечение этого профессионального заболевания является сложным и длительным.

Более трети всех электротравм приходится на электрический удар, под которым понимают возбуждение живых тканей организма электрическим током, проходящим через него, сопровождающееся судорожными сокращениями мышц тела. По тяжести последствий электроудары делятся на четыре степени:

- первая — судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- вторая — судорожное сокращение мышц с потерей сознания; дыхание и деятельность сердца сохраняются;
- третья — потеря сознания, нарушение сердечной деятельности и дыхания или того и другого;
- четвертая — клиническая (мнимая) смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Следует различать понятие клинической (мнимой) и биологической (истинной) смерти. У здоровых людей, подвергшихся воздействию электрического тока, длительность клинической смерти составляет 7-8 минут. За этот период средствами современной медицины (реанимация) возможно оживление организма. В более поздние сроки в клетках и тканях организма возникают необратимые изменения, т. е. наступает биологическая (истинная) смерть.

Последствия действия тока на организм человека зависят от силы тока (основной фактор), длительности его действия, рода и частоты тока, пути тока в теле человека и индивидуальных свойств человека. Важной характеристикой, определяющей исход воздействия тока, является электрическое сопротивление тела человека, которое является суммой сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей.

Как уже сказано выше, основным физическим фактором, вызывающим тяжесть электротравмы, является сила тока — количество электричества, проходящего через тело человека в единицу времени. Принято различать три ступени воздействия тока на организм человека и соответствующие им три пороговых значения: осязаемое, отпускающее и фибрилляционное.

Пока сила тока не достигла ощутимого значения, человек не чувствует его воздействия. Если человек попал под воздействие переменного тока промышленной частоты ($f = 50$ Гц), он начинает ощущать протекающий через него ток, когда его значение достигнет 0,6-1,5 мА. Для постоянного тока это пороговое значение составляет 6-7 мА. Ощутимый ток вызывает у человека малоболезненные (или безболезненные) раздражения, и человек может самостоятельно освободиться от провода или токоведущей части, находящейся под напряжением.

Если сила переменного тока, протекающего через организм, составляет 10—15 мА и более, а постоянного - 50-70 мА (или более), то такие токи называют неотпускающими, так как они вызывают непреодолимые и болезненные судорожные сокращения мышц рук при касании ими (захвате) токопроводящих частей или проводов. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока. При повышении силы переменного тока промышленной частоты до 25 - 50 мА затрудняется или даже прекращается процесс дыхания (при воздействии этого тока в течение нескольких минут).

Фибрилляционными называют токи, вызывающие быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), в результате чего сердце теряет способность перекачивать кровь, в организме прекращаются процессы кровообращения и дыхания и наступает смерть. При воздействии переменного тока промышленной частоты величина порогового фибрилляционного тока составляет 100 мА (при продолжительности воздействия более 0,5 с), а для постоянного тока — 300 мА при той же продолжительности.

Чем больше время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма.

Существенное влияние на тяжесть поражения человека электрическим током оказывает путь, по которому он распространяется в организме. Так, опасность поражения резко увеличивается, если на пути тока оказываются мозг, сердце или легкие.

Цепь тока через тело человека зависит от места его прикосновения к оголенным проводам или токоведущим частям. Наиболее характерны следующие цепи: руки-ноги, рука-рука и рука-туловище.

Условия, в которых работает человек, могут увеличивать или уменьшать опасность его поражения электрическим током. К ним относятся сырость, высокая температура

воздуха, наличие в помещениях токопроводящей пыли, химически активной или органической среды и др. Для учета условий, в которых находится работающий, все помещения принято делить по степени опасности поражения током на три категории: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные.

Помещениями без повышенной опасности называют сухие (с относительной влажностью воздуха, не превышающей 60%), безпыльные, с нормальной температурой воздуха и с изолирующими (например, деревянными) полами. К ним относятся жилые помещения и такие производственные помещения, как цеха приборных предприятий и радиозаводов, лаборатории, конструкторские бюро, заводоуправление, конторские помещения и др.

Для помещений с повышенной опасностью характерно наличие одного из следующих условий: сырость (помещения называют сырими, если относительная влажность в них превышает 75%); токопроводящая пыль (металлическая, углеродная и т.д.); токопроводящие полы - металлические, земляные, железобетонные, кирпичные; высокая температура, длительно превышающая 35°C или кратковременно 40°C; возможность одновременного прикосновения к металлическим деталям и корпусам электрооборудования, которые при повреждении изоляции могут оказаться под напряжением, и заземленным металлоконструкциям. Примером таких помещений могут служить лестничные клетки различных зданий с токопроводящими полами, цеха механической обработки материалов, складские отапливаемые помещения и др.

Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий; особая сырость (стены пол и потолок таких помещений покрыты влагой; относительная влажность воздуха в них близка к 100%); наличие химически активной (агрессивные газы, пары, жидкости) или органической (плесень и т.д.) среды, которые разрушающе действуют на электроизоляцию и токоведущие части электрооборудования. При наличии двух или более условий повышенной опасности (например, высокая температура и токопроводящая пыль) в помещении его следует относить к особо опасным. Примером таких помещений могут служить помещения гальванических цехов, моечные отделения, замкнутые металлические емкости, в которых производится работа, и др.

Человек может получить электротравму в следующих случаях:

- при двухфазном прикосновении, т. е. при одновременном прикосновении к двум фазам сети переменного тока;
- при двухполюсном прикосновении, т.е. при одновременном прикосновении к двум полюсам сети постоянного тока;
- при приближении на опасные расстояния к незаземленным токопроводящим частям, находящимся под напряжением;
- в результате прикосновения к оболочке (корпусу) электрооборудования, оказавшейся под напряжением;
- в результате попадания под напряжение шага в зоне растекания тока;
- при попадании под напряжение при освобождении человека от воздействия тока;
- при воздействии атмосферного электричества, грозových разрядов и статического электричества или электрической дуги.

Ток, проходящий через тело человека (ток поражения), зависит от напряжения и схемы питания электроустановок, сопротивления элементов электрической сети и условий включения человека в цепь тока. Рассмотрим эти вопросы подробнее.

Все электроустановки условно делят на работающие под напряжением до 1000 В и выше 1000 В. Если установки работают под напряжением выше 1000 В, то прикосновение к токопроизводящим частям опасно в любых условиях. При эксплуатации установок, работающих под напряжением до 1000 В, человек может быть поражен током в результате случайного прикосновения к токопроводящим частям или корпусам электрооборудования, оказавшимися под напряжением при замыкании на них тока.

Чаще всего электроустановки напряжением до 1000 В работают от четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью.

При повышенных требованиях безопасности используют сети с изолированной от земли нейтралью. Они используются для питания электроустановок, работающих под напряжением до 1000 В, но гораздо менее распространены, чем предыдущие.

При работе с электроустановками возможно прикосновение операторов к токоведущим частям оборудования. Наиболее часто встречаются две схемы включения человека в электрическую сеть: двухфазная - присоединение человека к двум проводам и однофазная - включение человека между проводом и землей.

Чаще на практике встречается однофазное включение человека в электрическую сеть. В этом случае ток поражения $I_{чел}$ зависит оттого, заземлена нейтраль источника тока или нет. Если человек прикоснется к фазному проводу с нарушенной изоляцией при заземленной нейтрали, то через него пройдет ток. Этот ток является опасным, так как существенно превышает уровень фибрилляционного тока.

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 $V_{ш}$. Шаговым напряжением или напряжением шага называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага (0,8 - 1,0 м), на которых одновременно стоит человек.

Наибольший электрический потенциал возникает в точке соприкосновения провода с землей. Опасность поражения человека шаговым напряжением 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. Защитное действие оказывает обувь, обладающая изоляционными свойствами, например резиновая.

ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные, на средства, предупреждающие прикосновение людей к элементам сети, находящимся под напряжением, и средства, которые обеспечивают безопасность, если прикосновение все-таки произошло.

Основные способы и средства *электрозащиты*:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;

- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной электробезопасности.

Изоляция токопроводящих частей — одна из основных мер электробезопасности. Согласно ПУЭ сопротивление изоляции токопроводящих частей электрических установок относительно земли должно быть не менее 0,5—10 МОм¹. Различают рабочую, двойную и усиленную рабочую изоляцию.

Рабочей называется изоляция, обеспечивающая нормальную работу электрической установки и защиту персонала от поражения электрическим током. Двойная изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной, используется в тех случаях, когда требуется обеспечить повышенную электробезопасность оборудования (например, ручного электроинструмента, бытовых электрических приборов и т.д.). Сопротивление двойной изоляции должно быть не менее 5 МОм, что в 10 раз превышает сопротивление обычной рабочей. В ряде случаев рабочую изоляцию выполняют настолько надежно, что ее электросопротивление составляет не менее 5 МОм и потому она обеспечивает такую же защиту от поражения током, как и двойная. Такую изоляцию называют усиленной рабочей изоляцией.

Существуют основные и дополнительные изолирующие средства. Основными называют такие электробезопасные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение. Дополнительные электробезопасные средства усиливают изоляцию человека от токопроводящих частей и земли.

Неизолированные токопроводящие части электроустановок, работающих под любым напряжением, должны быть надежно ограждены или расположены на недоступной высоте, чтобы исключить случайное прикосновение к ним человека. Конструктивно ограждения изготавливают из сплошных металлических листов или металлических сеток.

Для предупреждения об опасности поражения электрическим током используют различные звуковые, световые и цветовые сигнализаторы, устанавливаемые в зонах видимости и слышимости персонала. Кроме того, в конструкциях электроустановок предусмотрены блокировки — автоматические устройства, с помощью которых преграждается путь в опасную зону или предотвращаются неправильные, опасные для человека действия. Блокировки могут быть механические (стопоры, защелки, фигурные вырезы), электрические или электромагнитные. Для информации персонала об опасности служат предупредительные плакаты, которые в соответствии с назначением делятся на предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие. Части оборудования, представляющие опасность для людей, окрашивают в сигнальные цвета и на них наносят знак безопасности. Красным цветом окрашивают кнопки и рычаги аварийного отключения электроустановок.

Для уменьшения опасности поражения током людей, работающих с переносным электроинструментом и осветительными лампами, используют малое напряжение, не превышающее 42 В. В ряде случаев, например, при работе в металлическом резервуаре, для питания ручных переносных ламп используют напряжение 12 В.

Для повышения безопасности проводят электрическое разделение сетей на отдельные короткие электрически не связанные между собой участки с помощью разделяющих трансформаторов. Такие разделенные сети обладают малой емкостью и высоким сопротивлением изоляции. Раздельное питание используют при работе с переносными электрическими приборами, на строительных площадках, при ремонтах на электростанциях и др.

При замыканиях тока на конструктивные части электрооборудования (замыкание на корпус) на них появляются напряжения, достаточные для поражения людей или возникновения пожара. Осуществить защиту от поражения электрическим током и возгорания в этом случае можно тремя путями: защитным заземлением, занулением и защитным отключением.

Защитное заземление - это преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые в обычном состоянии не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при случайном соединении их с токоведущими частями.

Таким образом, принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения (и напряжения шага), вызванных замыканием на корпус.

Защитному заземлению (занулению) подвергают металлические части электроустановок и оборудования, доступные для I прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, например, корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников, каркасы распределительных щитов, металлические трубы и оболочки электропроводок, а также металлические корпуса переносных электроприемников.

Обязательно заземляют электроустановки, работающие под напряжением 380 В и выше переменного тока и питающиеся от источника постоянного тока с напряжением 440 В и выше. Кроме того, в помещениях повышенной и особой опасности заземляют установки с напряжением от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока.

Заземляющее устройство — это совокупность заземлителя -металлических проводников, соприкасающихся с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования различают выносные и контурные заземляющие устройства. Первые из них характеризуются тем, что заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточены на некоторой части этой площадки.

Контурное заземляющее устройство, заземлители которого располагаются по контуру (периметру) вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров), обеспечивает лучшую степень защиты, чем предыдущее.

Заземлители бывают искусственные, которые используются только для целей заземления, и естественные, в качестве которых используют находящиеся в земле трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или газов), металлические конструкции, арматуру железобетонных конструкций, свинцовые оболочки кабелей и др. Искусственные заземлители изготавливают из стальных труб, уголков, прутков или полосовой стали.

Требования к сопротивлению защитного заземления регламентируются ПУЭ. В любое время года это сопротивление не должно превышать:

- 4 Ом - в установках, работающих под напряжением до 1000 В; если мощность источника тока составляет 100 кВА и менее, то сопротивление заземляющего устройства может достигать 10 Ом;

- 0,5 Ом - в установках, работающих под напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью.

Защитное зануление предназначено для защиты в трехфазных четырехпроводных сетях с глухозаземленной нейтралью, работающих под напряжением до 1000 В, так как в этих сетях использование защитного заземления неэффективно.

Рассмотрим действие защитного зануления подробнее. Пусть имеется трехфазная трехпроводная сеть, работающая под напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

Занулением называют способ защиты от поражения током автоматическим отключением поврежденного участка сети и одновременно снижением напряжения на корпусах оборудования на время, пока не сработает отключающий аппарат (плавкие предохранители, автоматы и др.). Зануление — это преднамеренное соединение с нулевым защитным проводником металлических нетокопроводящих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Проводник (1), который соединяет зануляемые части электроустановки с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки трансформатора, называют нулевым защитным. Назначение этого проводника заключается в создании для тока короткого замыкания электрической цепи с малым электросопротивлением, чтобы данный ток был достаточен для быстрого отключения повреждения от сети. Это достигается срабатыванием элемента защиты сети от тока короткого замыкания.

Цепь зануления I — II — III — IV — V имеет очень малое электрическое сопротивление (доли Ом). Ток короткого замыкания, возникающий при замыкании на корпус и проходящий по цепи зануления, достигает большого значения (нескольких сотен ампер), что обеспечивает быстрое и надежное срабатывание элементов защиты.

Для устранения опасности обрыва нулевого провода устраивают его повторное многократное рабочее заземление через каждые 250 м.

Основное требование безопасности к занулению: оно должно обеспечивать надежное и быстрое срабатывание защиты.

Еще одна система защиты — *защитное отключение* — это защита от поражения электрическим током в электроустановках, работающих под напряжением до 1000 В,

автоматическим отключением всех фаз аварийного участка сети за время, допустимое по условиям безопасности для человека.

Основная характеристика этой системы — быстроедействие, оно не должно превышать 0,2 с. Принцип защиты основан на ограничении времени протекания опасного тока через тело человека. Существуют различные схемы защитного отключения, одна из них, основанная на использовании реле напряжения.

При замыкании фазного провода на заземленный или зануленный корпус электроустановки на нем возникает напряжение корпуса V_k . Если оно превышает заранее установленное предельно допустимое напряжение $V_{k \text{ доп}}$ (т. е. если $V_k \geq V_{k \text{ доп}}$), срабатывает защитное отключающее устройство. Схема работает следующим образом.

Вследствие разности потенциалов между корпусом электроустановки и землей возникает ток, который, проходя через реле, замыкает его контакты, подавая питание на отключающую катушку. Под влиянием возникшего электромагнитного поля внутри нее втягивается сердечник, вызывая отключение автоматического выключателя и установка обесточивается.

Защитное отключение рекомендуется применять:

- в передвижных установках напряжением до 1000 В;
- для отключения электрооборудования, удаленного от источника питания, как дополнение к занулению;
- в электрифицированном инструменте как дополнение к защитному заземлению или занулению;
- в скальных и мерзлых фунтах при невозможности выполнить необходимое заземление.

Рассмотрим кратко *организационные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электроустановок*. К ним относятся оформление соответствующих работ нарядом или распоряжением допуск к работе, надзор за проведением работ, строгое соблюдение режима труда и отдыха, переходов на другие работы и окончания работ.

Нарядом для проведения работы в электроустановках называют составленное на специальном бланке задание на ее безопасное производство, определяющее содержание, место, время начала и окончания работы, необходимые меры безопасности состав бригад и лиц, ответственных за безопасность выполнения работ. Распоряжением называют то же

задание на безопасное производство работы, но с указанием содержания работы, места времени и лиц, которым поручено ее выполнение.

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

К организационным мероприятиям также относятся обучение персонала правильным приемам работы с присвоением работникам, обслуживающим электроустановки, соответствующих квалификационных групп.

В ряде случаев существенную опасность для человека представляет *статическое электричество*, под которым понимают совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией (ослаблением) свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических веществ, материалов, изделий или на изолированных проводниках. Протекание различных технологических процессов, таких, как измельчение, распыление, фильтрование и другие, сопровождается электризацией материалов и оборудования, причем возникающий на них электрический потенциал достигает значений тысяч и 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.

Вредное воздействие на организм человека оказывает и *электрическое поле повышенной напряженности*. Оно вызывает функциональные изменения центральной нервной, сердечнососудистой и некоторых других систем организма.

Защиту от статического электричества осуществляют по двум основным направлениям: уменьшение генерации электрических зарядов и устранение зарядов статического электричества. Для реализации первого направления необходимо правильно подбирать конструкционные материалы, из которых изготавливаются машины, агрегаты и прочее технологическое оборудование. Эти материалы должны быть слабо электризующимися или неэлектризующимися. Например, синтетический материал, состоящий на 40% из нейлона и 60% дакрона, не электризуется при трении о хромированную поверхность.

Для снятия зарядов статического электричества с поверхности технологического оборудования его обязательно заземляют.

Кроме перечисленных способов защиты от статического электричества большое значение имеет снижение удельного поверхностного электрического сопротивления перерабатываемых материалов. Это достигается повышением относительной влажности в помещении, где производится обработка поглощающих воду материалов (древесины, бумага, хлопчатобумажной ткани и др.), до 65—70%, нанесением на их поверхность специальных антистатических составов, введением в состав твердых диэлектриков электропроводящих материалов (графита, углеродных волокон, алюминиевой пудры).

МОЛНИЕЗАЩИТА

Важным вопросом электробезопасности является защита от удара молний, или молниезащита.

Молния — это особый вид прохождения электрического тока через огромные воздушные промежутки, источник которого — атмосферный заряд, накопленный грозовым облаком.

Различают три типа воздействия тока молнии: прямой удар, вторичное воздействие заряда молнии и занос высоких потенциалов (напряжения) в здания. При прямом разряде молнии в здание или сооружение может произойти его механическое или термическое разрушение. Последнее проявляется в виде плавления или даже испарения материалов конструкции. Вторичное воздействие разряда молнии заключается в наведении в замкнутых токопроводящих контурах (трубопроводах, электропроводках и др.), расположенных внутри зданий, электрических токов. Эти токи могут вызвать искрение или нагрев металлических конструкций, что может стать причиной возникновения пожара или взрыва в помещениях, где используются горючие или взрывоопасные вещества. К этим же последствиям может привести и занос высоких потенциалов (напряжения) по любым металлоконструкциям, находящимся внутри зданий и сооружений под действием молнии.

Для защиты от действия молнии устраивают молниеотводы (громоотводы). Это заземленные металлические конструкции, которые воспринимают удар молнии и отводят ее ток в землю. Различают стержневые и тросовые молниеотводы. Их защитное действие основано на свойстве молний поражать наиболее высокие и хорошо заземленные металлические конструкции.

Молниеотводы характеризуются зоной защиты, которая определяется как часть пространства, защищенного от удара молнии с определенной степенью надежности. В зависимости от степени надежности зоны защиты могут быть двух типов — А и Б. Тип зоны защиты выбирают в зависимости от ожидаемого количества поражений молнией зданий и сооружений в год (N). Если величина $N > 1$, то принимают зону защиты типа А (степень надежности защиты в этом случае составляет не менее 99,5%). При $N < 1$ принимают зону защиты типа В (степень надежности этой защиты — 95% и выше).

Зона защиты для данного молниеотвода представляет собой конус высотой h_0 с радиусом основания на земле r_0 . Обычно высота молниеотвода (h) не превышает 150 м.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОРАЖЕННОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Рассмотрим основные вопросы, касающиеся *оказания первой помощи от воздействия электрического тока*. Эта помощь состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от воздействия электрического тока и оказание ему первой помощи.

Если человек прикоснулся к токопроводящей части электроустановки и не может самостоятельно освободиться от воздействия тока, то присутствующим необходимо оказать ему помощь. Для этого следует быстро отключить электропроводку с помощью выключателя, рубильника и т.д. Если быстро отключить электроустановку от сети невозможно, оказывающий помощь должен отделить пострадавшего от токопроводящей части. При этом следует иметь в виду, что без применения необходимых мер предосторожности нельзя прикасаться к человеку, находящемуся в цепи тока, так как можно самому попасть под напряжение. Действовать следует таким образом.

Если пострадавший попал под действие напряжения до 1000 В, токопроводящую часть от него можно отделить сухим канатом, палкой или доской или оттянуть пострадавшего за одежду, если она сухая. Руки оказывающего помощь следует защитить диэлектрическими перчатками, на ноги необходимо надеть резиновую обувь или встать на изолирующую подставку (сухую доску). Если перечисленные меры не дали результата, допускается перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой или перерезать его другим инструментом с изолированными ручками;

При напряжении, превышающем 1000 В, лица, оказывающие помощь, должны работать в диэлектрических перчатках и обуви и оттягивать пострадавшего от провода специальными инструментами, предназначенными для данного напряжения (штангой

или клещами). Рекомендуется также накоротко замкнуть все провода линии электропередачи, набросив на них соединенный с землей провод.

После освобождения пострадавшего от воздействия электрического тока ему оказывают доврачебную медицинскую помощь. Если получивший электротравму находится в сознании, ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача или срочно доставить в лечебное учреждение. Если человек потерял сознание, но дыхание и работа сердца сохранились, пострадавшего укладывают на мягкую подстилку, расстегивают пояс и одежду, обеспечивая тем самым приток свежего воздуха, и дают нюхать нашатырный спирт, обрызгивают лицо холодной водой, растирают и согревают тело.

При редком и судорожном, а также ухудшающемся дыхании пострадавшему делают искусственное дыхание. При отсутствии признаков жизни искусственное дыхание сочетают с наружным массажем сердца.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КОМПЬЮТЕРОМ

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей (диапазон радиочастот: ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека-оператора.

Рабочая поза - положение тела человека в процессе труда. Наиболее распространенными рабочими позами являются позы «стоя» и «сидя».

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с проявлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Рассмотрим основные требования к помещениям, где установлены компьютеры. В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола помещения:

- окна ориентированы на юг — стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол — зеленый;
- окна ориентированы на север — стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол — красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток — стены желто-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад — стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол — зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения, %:

Для потолка	— 60—70
Для стен	— 40—50
Для пола	— 30
Для других поверхностей и рабочей мебели	— 30—40

Освещение помещений вычислительных центров должно быть смешанным.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3—0,5 мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5—1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники. Эти светильники должны располагаться над рабочими поверхностями в равномерно-прямоугольном порядке. Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная — 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности — 200 и 300 лк соответственно.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в

помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата.

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

Таблица 24.1.

Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

<i>Период года</i>	<i>Параметр микроклимата</i>	<i>Величина</i>
Холодный и переходный	Температура воздуха в помещении	22-24°С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25°С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1—0,2 м/с

Таблица 24.2.

Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

<i>Характеристика помещения</i>	<i>Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м³/на одного человека в час</i>
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20—40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция
Помещение без окон и световых фонарей	Не менее 60

Для подачи в помещение воздуха используются системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция.

Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах — 65 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, должны быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных

центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные фундаменты и виброизоляторы.

Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей электромагнитного поля достигается на кожухе дисплея.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10—100 мВт/м².

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры. Однако исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует и исследования в этом направлении продолжаются.

Для снижения воздействия перечисленных видов излучения на операторов компьютеров рекомендуется применять мониторы с пониженной излучательной способностью, устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

Требования к организации рабочего места оператора:

- высота стола с клавиатурой должна составлять 62 – 88 см над уровнем пола; а высота экрана (над полом) — 90—128 см;
- расстояние от экрана до края стола — 40—115 см,
- наклон экрана - от -15 до +20° по отношению к нормальному его положению;
- положение спинки кресла оператора должно обеспечивать наклон тела назад от 97—121°.

Клавиатуру следует делать отдельной от экрана и подвижной. Усилие нажима на клавиши должно лежать в пределах 0,25— 1,5 Н, а ход клавишей — 1—5 мм.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60—80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3 : 4, а расстояние между знаками — 15—20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов — от 1 : 2— 1 : 5 до 1 : 10-1 : 15.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Существуют различные определения понятия «чрезвычайная ситуация». Наиболее часто *чрезвычайную ситуацию* определяют как нарушение нормальной жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории¹), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией², эпизоотией³, эпифитотией⁴, а также военными действиями и приведшее или могущее привести к людским и материальным потерям. Чрезвычайная ситуация может быть также определена как внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, характеризующаяся неопределенностью, стрессовым⁵ состоянием населения, значительным социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего человеческими жертвами, и вследствие этого необходимостью быстрого реагирования (принятия решений), крупными людскими материальными и временными затратами на проведение эвакуационно-спасательных работ, сокращение масштабов и ликвидацию многообразных негативных последствий (разрушений, пожаров, и т.д.)- Американские исследователи определяют чрезвычайную ситуацию как неожиданную, непредвиденную обстановку, требующую немедленных действий.

Аква́тория — водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

Эпидемия — массовое прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание людей (в пределах одного региона), уровень которого значительно превышает обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости.

Эпизоотия — одновременное распространение инфекционного заболевания среди большого числа одного из многих видов животных, уровень которого значительно превышает обычный уровень заболевания, характерный для данной местности.

Эпифитотия — широкое распространение инфекционной болезни растений, в первую очередь сельскохозяйственных структур, на обширной территории в течение определенного времени.

Стресс — состояние психической напряженности, вызванное трудностями, опасностями, возникающее у человека при решении важной для него задачи.

Понятие чрезвычайной ситуации связано с такими понятиями, как «опасность» и «риск».

Представленные в таблице критерии обладают свойством системности, т. е. только наличие одновременно всей их совокупности позволяет квалифицировать ситуацию как чрезвычайную. Отсутствие хотя бы одного критерия уже не позволяет этого сделать.

Приведем примеры использования данных критериев. Предположим, что произошла катастрофа на пассажирском транспорте (авиационном, железнодорожном, автомобильном и др.), повлекшая за собой человеческие жертвы. Однако эта катастрофа не может быть признана чрезвычайной ситуацией, в частности, потому, что не отвечает ей с точки зрения социально-психологического критерия. Стрессовое состояние испытывают, как правило, оставшиеся в живых участники, их родственники и родственники погибших. Остальное население продолжает достаточно спокойно пользоваться транспортными средствами. Кроме того, такая катастрофа зачастую не влечет за собой цепи тяжелых вторичных, третичных и других последствий. Это означает, что она не отвечает и специфическому (седьмому) критерию чрезвычайных ситуаций. Резюмируя вышеизложенное, следует сказать, что рассмотренная катастрофа касается ограниченного круга лиц, «рискнувших» использовать именно это транспортное средство, и не может характеризоваться как чрезвычайная ситуация.

Рассмотрим теперь транспортную катастрофу, произошедшую с железнодорожным составом, перевозившим опасные грузы (взрывчатые, агрессивные или ядовитые химические вещества). Предположим, что в результате катастрофы произошел взрыв. В этом случае под действие такого поражающего фактора, как ударная волна, попал и достаточно широкий круг лиц, «не связанных» с источником риска (железнодорожный транспорт), а также и значительное число сооружений, прежде всего жилых домов. Исследователи указывают, что промышленные аварии превращаются в чрезвычайные ситуации в том случае, если вызванные ими последующие негативные события угрожают существованию социальной структуры общества. В связи этим особый интерес представляет рассмотрение «специфического», или мультипликативного, критерия. Этот критерий выделяет одну из главных характерных черт чрезвычайных ситуаций: многопорядковость и разнообразие последствий — социальных, политических, экологических, экономических, психологических.

Рассмотрим основные последствия чрезвычайных ситуаций. За последние 20 лет от них на Земле пострадало более 1 млрд человек, в том числе свыше 5 млн погибло или было ранено, а нанесенный материальный ущерб исчисляется триллионами долларов.

указанный период по экологическим причинам покинули родные места и стали беженцами миллионы людей. В настоящее время в мире число таких беженцев превышает 10 млн человек, тогда как число традиционных беженцев (жертв вооруженных Конфликтов и региональных войн) - более 13 млн человек.

Весьма тяжелые последствия *стихийных бедствий*, которыми называют опасные природные явления или процессы, носящие чрезвычайный характер и приводящие к нарушению повседневного уклада жизни значительных групп населения, человеческим жертвам, а также уничтожению материальных ценностей. К стихийным бедствиям относятся наводнения, землетрясения, засухи, вулканическая деятельность, массовые лесные пожары, сильные устойчивые морозы и др. Наибольший вред приносят наводнения (40% общего урона), ураганы (20%), землетрясения и засухи (по 15%). Остальные 10% общего урона приходятся на остальные виды стихийных бедствий.

Большую опасность представляют техногенные (технологические) катастрофы¹, которые возникают вследствие нарушения технологического процесса или внезапного выхода из строя машин, механизмов и технических устройств во время их эксплуатации. К техногенным катастрофам относятся различные аварии² на промышленных и энергетических объектах, а также на транспорте, растекание по поверхности почвы и воды токсичных жидкостей и нефтепродуктов и др.

Среди наиболее опасных техногенных (технологических) катастроф следует указать аварии на энергетических объектах, прежде всего на АЭС; далее следуют химические предприятия, выпускающие пестициды³, гербициды⁴, минеральные удобрения, пластмассы; транспортные аварии (при перевозке опасных грузов); нефтяные разливы при прорыве трубопроводов и др. Особое место в этом ряду занимает разрушение плотин. По своим последствиям они могут быть более опасными, чем аварии на АЭС. Следует, однако, подчеркнуть, что радиационные и химические поражающие факторы, возникающие при авариях на АЭС и химических предприятиях, обладают долгосрочным и, что особенно опасно, скрытым (латентным) воздействием на организм человека, а также оказывают негативное воздействие на здоровье будущих поколений.

Катастрофа — крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и разрушение или уничтожение объектов и других материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному загрязнению окружающей среды.

Авария — опасное происшествие в технической системе на промышленном, энергетическом или транспортном объекте, создающее угрозу жизни или здоровью людей и приводящее к нарушению технологических процессов, разрушению указанных объектов, а также наносящее вред окружающей среде.

Пестициды — собирательный термин, охватывающий все химические вещества, используемые для борьбы с различными видами вредных организмов.

Гербициды — химические вещества (или их композиции), используемые для борьбы с нежелательной растительностью.

Классификация чрезвычайных ситуаций

Существуют различные классификации чрезвычайных ситуаций. Наиболее часто за основание классификации выбирают характер возникновения (генезис) чрезвычайной ситуации. Очень часто чрезвычайные ситуации характеризуются в отношении их преднамеренности. При таком подходе вся совокупность рассматриваемых ситуаций распадается на два больших типа: *преднамеренные* и *непреднамеренные* чрезвычайные ситуации. Происхождение чрезвычайной ситуации может также рассматриваться в отношении ее естественности. При этом подходе все чрезвычайные ситуации подразделяются на три типа: *искусственного происхождения, или антропогенные* (включая техногенные), *естественного* (природные) и *смешанного происхождения, или природно-антропогенные*. В основание их классификации положены такие признаки, как преднамеренность и естественность.

При классификации по признаку «преднамеренность» вся совокупность рассматриваемых ситуаций распадается на два больших типа: преднамеренные и непреднамеренные чрезвычайные ситуации. В первый из названных типов входят социально-политические конфликты, а в последний — три класса чрезвычайных ситуаций (стихийные бедствия, техногенные (технологические) катастрофы и «комбинированные» чрезвычайные ситуации).

Если за основу классификации берется признак «естественность», то антропогенные чрезвычайные ситуации включают в себя социально-политические конфликты и техногенные катастрофы.

Второй тип (природные чрезвычайные ситуации) включает стихийные бедствия и, наконец, последний — класс чрезвычайных ситуаций «комбинированного» возникновения.

Важная характеристика чрезвычайных ситуаций — темпы их формирования (развития). По продолжительности (от непосредственной причины возникновения чрезвычайной ситуации до ее кульминационной точки) все ситуации можно разделить на «взрывные» и «плавные». Продолжительность развития чрезвычайных ситуаций первого типа составляет от нескольких секунд до нескольких часов. Примером таких экстремальных ситуаций могут служить стихийные бедствия и некоторые виды техногенных катастроф (аварии на крупных АЭС, ТЭС, газо- и нефтепроводах, а также на химических предприятиях).

Продолжительность развития чрезвычайных ситуаций второго типа может исчисляться несколькими десятилетиями. Такая ситуация возникла в 1978 г. в районе канала Лав (г. Ниагара-Фоле, США). С 1942 по 1953 гг. филиал известной нефтехимической корпорации «Оксидентал Петролеум» производил захоронение опасных отходов, содержащих диоксин и еще примерно 200 ядовитых веществ. Спустя четверть века они просочились на поверхность, попали в водопроводную сеть и создали серьезную угрозу здоровью и жизни населения. 1 августа 1978 г. президент США Д. Картер объявил «национальную чрезвычайную ситуацию» — население города было эвакуировано.

По масштабу распространения чрезвычайные ситуации классифицируют на: локальные (объектные), местные, региональные, национальные и глобальные. В понятие масштаба распространения входят не только размеры территории, на которой возникла чрезвычайная ситуация, но и ее косвенные последствия (нарушение связи, систем водоснабжения и водоотведения, необходимость ремонта или разборки поврежденных зданий и сооружений и др.), а также тяжесть этих последствий, которую оценивают по затрате сил и ресурсов, привлеченных для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Локальные чрезвычайные ситуации возникают на отдельных объектах народного хозяйства (предприятиях, промышленных очистных сооружениях, складах и хранилищах и др.). Последствия чрезвычайных ситуаций на этих объектах устраняются собственными силами и за счет своих ресурсов.

К *местным* чрезвычайным ситуациям относят такие, которые возникли в населенном пункте, городе, в одном или нескольких районах, а также в пределах области. Устранение их последствий производится с привлечением ресурсов области.

Региональные чрезвычайные ситуации занимают территорию нескольких областей или экономического района; *национальные* - охватывают территорию нескольких

экономических районов, но не выходят за пределы государства; *глобальные* чрезвычайные ситуации распространяются и на другие государства. Соответственно устранение перечисленных последствий осуществляется за счет субъектов Российской Федерации, государства в целом или международного сообщества (при глобальных чрезвычайных ситуациях).

Локальная чрезвычайная ситуация при известных условиях вполне может перерасти в региональную, национальную или глобальную. При этом важно установить конкретный тип критерия или параметр, согласно которому возникшая обстановка относится к тому или иному типу чрезвычайной ситуации.

Регион, в котором сложилась катастрофическая экологическая ситуация носит название зоны экологического бедствия. *Зоны экологического бедствия* — это участки территории Российской Федерации, где в результате хозяйственной или иной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных. В зоне экологического бедствия окружающая природная среда претерпевает глубокие необратимые изменения, наблюдается существенное ухудшение здоровья населения, увеличивается общая и детская смертность.

Причины и стадии техногенных катастроф

Возникновение любой чрезвычайной ситуации, в том числе и техногенной катастрофы, вызывается сочетанием действий объективных и субъективных факторов, создающих причинный ряд событий. Непосредственными причинами техногенных катастроф могут быть внешние по отношению к инженерной системе воздействия (стихийные бедствия, военно-диверсионные акции и т.д.), условия и обстоятельства, связанные непосредственно с данной системой, в том числе технические неисправности, а также человеческие ошибки. Последним, согласно статистике и мнению специалистов, принадлежит главная роль в возникновении техногенных катастроф. По оценке экспертов, человеческие ошибки обуславливают 45% экстремальных ситуаций на АЭС, 60% авиакатастроф и 80% катастроф на море.

Процесс развития чрезвычайных ситуаций (в том числе и техногенных катастроф) целесообразно разделить на три стадии: зарождения, кульминационную и затухания. Принято считать, что во всех типах экстремальной ситуации рассмотренные стадии

присутствуют всегда. В ином случае в соответствии с принятым определением и критериями ситуацию нельзя квалифицировать как чрезвычайную.

На первой стадии развития чрезвычайной ситуации складываются условия предпосылки будущей техногенной катастрофы: накапливаются многочисленные технические неисправности; наблюдаются сбои в работе оборудования; персонал, обслуживающий его, допускает ошибки; происходят не выходящие за пределы объекта некатастрофические (локальные) аварии, т.е. нарастает технический риск. Продолжительность этой стадии оценить трудно. Для «взрывных» чрезвычайных ситуаций эти стадии могут измеряться сутками или даже месяцами. У «плавных» техногенных катастроф продолжительность указанной стадии измеряется годами или десятилетиями.

Кульминационная стадия техногенной катастрофы начинается с выброса вещества или энергии в окружающую среду (возникновение пожара, взрыва, выброс в атмосферу ядовитых веществ, разрушение плотины) и заканчивается перекрытием (ограничением) источника опасности.

Стадия затухания технологической катастрофы хронологически охватывает *период* от перекрытия (ограничения) источника опасности — локализации чрезвычайной ситуации до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий. Продолжительность этой стадии измеряется годами и многими десятилетиями.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ ОБЪЕКТОВ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Устойчивость работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях определяется их способностью выполнять свои функции в этих условиях, а также приспособленностью к восстановлению в случае повреждения. В условиях чрезвычайных ситуаций промышленные предприятия должны сохранять способность выпускать продукцию, а транспорт, средства связи, линий электропередач и прочие аналогичные объекты, не производящие материальные ценности, — обеспечивать нормальное выполнение своих задач.

Для того чтобы объект сохранил устойчивость в условиях чрезвычайных ситуаций, проводят комплекс инженерно-технических, организационных и других мероприятий, направленных на защиту персонала от воздействия опасных и вредных факторов, возникающих при развитии чрезвычайной ситуации, а также населения, проживающего

вблизи объекта. Необходимо учесть возможность вторичного образования токсичных, пожароопасных, взрывоопасных систем и др.

Кроме того, проводится анализ уязвимости объекта и его элементов в условиях чрезвычайных ситуаций. Разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости объекта и его подготовке в случае повреждения к восстановлению.

С целью защиты работающих на тех предприятиях, где в процессе производства используют взрывоопасные, токсичные и радиоактивные вещества, строят убежища, а также разрабатывают специальный график работы персонала в условиях заражения вредными веществами. Должна быть подготовлена система оповещения персонала и населения, проживающего вблизи объекта, о возникшей на нем чрезвычайной ситуации. Персонал объекта должен быть обучен выполнению конкретных работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в очаге поражения.

На устойчивость работы объекта в условиях чрезвычайных ситуаций оказывают влияние следующие факторы: район расположения объекта; внутренняя планировка и застройка территории объекта; характеристика технологического процесса (используемые вещества, энергетические характеристики оборудования, его пожаро- и взрывоопасность и др.); надежность системы управления производством и ряд др.

Район расположения объекта определяет величину, а также вероятность воздействия поражающих факторов природного происхождения (землетрясения, наводнения, ураганы, оползни и проч.). Важное значение имеет дублирование транспортных путей и систем энергоснабжения. Так, если предприятие расположено вблизи судоходной реки, в случае разрушения железнодорожных или трубопроводных магистралей подвоз сырья или вывоз готовой продукции может осуществляться водным транспортом. Существенное влияние на последствия чрезвычайных ситуаций могут оказывать метеорологические условия района (количество выпадающих осадков, направление господствующих ветров, минимальные и максимальные температуры воздуха, рельеф местности).

Внутренняя планировка и плотность застройки территории объекта оказывают значительное влияние на вероятность распространения пожара, на разрушения, которые может вызвать ударная волна, образующаяся при взрыве, на размеры очага поражения при выбросе в окружающую среду токсичных веществ и др.

Необходимо учитывать и характер застройки, окружающей объект. Так, наличие вблизи данного объекта опасных предприятий, власти химических, может в значительной степени усугубить последствия возникшей на объекте чрезвычайной ситуации.

Следует подробно изучить специфику технологического процесса, оценить возможность взрыва оборудования (например, сосудов, работающих под давлением), основные причины возникновения пожаров, количество используемых в процессе сильнодействующих, ядовитых и радиоактивных веществ. Для повышения устойчивости объекта в чрезвычайной ситуации необходимо рассмотреть возможность изменения технологии, снижения мощности производства, а также его переключения на производство другой продукции. Необходимо разработать также способ быстрой и безаварийной остановки производства в чрезвычайных ситуациях.

Рассмотрим теперь пути повышения устойчивости функционирования наиболее важных видов технических систем и объектов.

Системы водоснабжения представляют собой крупный комплекс зданий и сооружений, удаленных друг от друга на значительные расстояния. При чрезвычайных ситуациях, как правило все элементы этой системы не могут быть выведены из строя одновременно. При проектировании системы водоснабжения необходимо предусмотреть меры их защиты в чрезвычайных ситуациях. Ответственные элементы системы водоснабжения целесообразно размещать ниже поверхности земли, что повышает их устойчивость. Для города надо иметь два-три источника водоснабжения, а для промышленных магистралей (промышленного водоснабжения) — не менее двух-трех вводов от городских магистралей. Следует предусмотреть возможность ремонта данных систем без их остановки и отключения водоснабжения других потребителей.

Весьма важной является *система водоотведения* загрязненных (сточных) вод (система канализации). В результате ее разрушения создаются условия для развития болезней и эпидемий. Скопление сточных вод на территории объекта затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. 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.

В разных чрезвычайных ситуациях электрические сооружения и сети могут получить различные разрушения и повреждения. Их наиболее уязвимыми частями являются наземные сооружения (электростанции, подстанции, трансформаторные станции), а также воздушные линии электропередач. В современных крупных энергосистемах применяются различные автоматические устройства, способные практически мгновенно отключить поврежденные электроисточники, сохраняя работоспособность системы в целом.

Для повышения устойчивости системы электроснабжения в первую очередь целесообразно заменить воздушные линии электропередач на кабельные (подземные) сети, использовать резервные сети для запитки потребителей, предусмотреть автономные резервные источники электропитания объекта (передвижные электрогенераторы).

Весьма важно обеспечить *устойчивость системы газоснабжения*, так как при ее разрушении или повреждении возможны возникновение пожаров и взрывов, а также выход газа в окружающую среду, что значительно затрудняет проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ.

Основные мероприятия по увеличению устойчивости систем газоснабжения следующие: сооружение подземных обводных газопроводов (бассейнов), обеспечивающих подачу газа в аварийных условиях; использование устройств, обеспечивающих возможность работы оборудования при пониженном давлении в газопроводах; создание на предприятиях аварийного запаса альтернативного вида топлива (угля, мазута); осуществление газоснабжения объекта от нескольких источников (газопроводов); создание подземных хранилищ газа высокого давления; использование на закольцованных системах газоснабжения отключающих устройств, установленных на распределительной сети.

В результате чрезвычайной ситуации может быть серьезно повреждена система теплоснабжения населенного пункта или предприятия, что создает серьезные трудности для их функционирования, особенно в холодный период года. Так, разрушение трубопроводов с горячей водой или паром может повлечь их затопление и затруднить локализацию и ликвидацию аварии. Наиболее уязвимые элементы систем теплоснабжения — теплоэлектроцентрали и районные котельные.

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.

В результате воздействия ударной волны, возникающей при взрывах различного происхождения (при аварии газопроводов, при военных действиях), могут серьезно пострадать подземные коммуникации, включая подземные переходы и транспортные сооружения (эстакады, путепроводы, мосты и др.). Наибольшее разрушение различных мостовых сооружений вызывает боковая ударная волна, направленная перпендикулярно пролетному строению моста. Весьма опасным для этих сооружений является воздействие ударных волн, отраженных от поверхности воды (реки, водоема). Воздействие ударной волны на подземные сооружения (коллекторы) может вызвать их повреждение. Особенно опасно в этом случае разрушение трубопроводов с горячей водой или паром, а также газопроводов.

Основным средством *повышения устойчивости рассмотренных сооружений* от воздействия ударной волны является *повышение прочности и жесткости конструкций*.

Особое внимание следует уделять *устойчивости складов и хранилищ* ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ в условиях чрезвычайных ситуаций. Это достигается проведением следующих мероприятий: переводом указанных материалов на хранение из наземных складов в подземные, хранением минимального количества ядовитых, пожаро- и взрывоопасных веществ, а также безостановочным использованием этих веществ при поступлении на объект минуя склад («работа с колес»).

Для повышения устойчивости работы объектов в чрезвычайных ситуациях необходимо уделять значительное внимание *защите рабочих и служащих*. Для этого на объектах строятся убежища и укрытия, предназначенные для защиты персонала, создается и поддерживается в постоянной готовности система оповещения рабочих и служащих объекта, а также проживающего вблизи объекта населения о возникновении чрезвычайной ситуации. Персонал, обслуживающий объект, должен знать о режиме его работы в случае возникновения чрезвычайной ситуации, а также быть обученным выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения.