

Учебная дисциплина «Охрана труда»

Дата:13.04.2020г.

Группа № 48

Профессия «Автомеханик»

№ урока 43-44

Тема Обеспечение электробезопасности. Защита от неионизирующих электромагнитных полей и излучений. Защита от тепловых излучений.

Учебник: Н.Н.Карнаух «Охрана труда», стр.243-265

Задание: Прочитать, изучить материал, сделать конспекты тем в тетради.

изводственной практике чаще используются первые, когда по отобраным в цехах пробам проводится их анализ в лабораторных условиях. Современные газоанализаторы с цифровой индикацией позволяют быстро определить степень загрязнения воздушной среды.

5.2.2. Обеспечение электробезопасности

Электрический ток, его повсеместное применение изменили условия труда и быта человека. С помощью электрического тока созданы новые технологические процессы и материалы. Электрический ток нашел широкое применение в медицине, излечивая подчас безнадежно больных людей. Вместе с тем, по данным статистики, производственные электротравмы составляют около 60% от общего числа электротравм, оформленных материалами специального расследования. Четвертую часть травмированных составляет электротехнический персонал, имеющий IV квалификационную группу по электробезопасности; 18,7% травмированных — работники, которым группа по электробезопасности не была присвоена. Третья часть пострадавших (33%) своевременно не прошли инструктаж. Эти данные свидетельствуют о том, что организация работ, подготовка персонала, как электротехнического, так и работников, обслуживающих электрооборудование, находятся еще на низком уровне.

Значительное количество травм (36,6%) происходит при производстве работ со снятием напряжения, 33,9% — при производстве работ, не связанных с обслуживанием электроустановок. Электротравматизм регулярно наблюдается у работников примерно 80 профессий, из них 70 профессий неэлектротехнические. Количество травм у электриков и работников неэлектротехнических профессий примерно одинаково, причем частота электротравм у работников таких неэлектротехнических профессий, как слесари, механики, строители, грузчики, водители самоходных машин, примерно такая же, как у электриков. Около 40% пострадавших работников неэлектрических профессий получили электротравмы при выполнении работ в электроустановках, которые широко применяются в современных производствах.

Большая часть электрооборудования работает при напряжении до 1 кВ, однако в ряде процессов используется высокое напряжение (более 1 кВ). Неисправность электро-

оборудования, нарушение правил безопасности при эксплуатации электроустановок могут привести к поражению персонала электрическим током. Параметры электроэнергии, условия эксплуатации электрооборудования и среда помещений, в которых оно эксплуатируется, очень разнообразны, поэтому опасность поражения электрическим током разная. Большинство несчастных случаев происходит при напряжении 220–380 В.

Воздействие электрического тока на организм человека

Электрический ток бесшумен, не имеет запаха и цвета; человек не способен обнаружить его до начала действия — это и является основной причиной опасности поражения электрическим током, которая усугубляется еще и тем, что пострадавший не может оказать себе помощь. Более того, при неумелом оказании помощи может пострадать и тот, кто пытается помочь.

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие: термическое (нагрев тканей), биологическое (возбуждение нервных волокон и других тканей организма), электролитическое (разложение крови), механическое, световое. Все поражения электрическим током можно свести к двум видам: местным электротравмам и электрическим ударам.

Местные электротравмы — это выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные действием электрического тока или электрической дуги. Среди них различают:

- **электрический ожог** — результат теплового воздействия электротока в месте контакта (как правило, I или II степени при $U \leq 1$ кВ и III степени при $U > 1$ кВ);
- **электрический знак** — поражение электрическим током кожи в виде мозоли с углублением;
- **металлизация кожи** — попадание в кожу расплавленного под действием электрической дуги металла;
- **электроофтальмия** — воспаление наружных оболочек глаз под действием ультрафиолетовых лучей электрической дуги (наблюдается у электросварщиков при плохой защите глаз, у операторов электродуговых печей).

Электрический удар — это очень серьезное поражение организма человека, вызванное возбуждением внутренних тканей электрическим током, сопровождающееся судорож-

ным сокращением мышц. Различают электрические удары четырех степеней:

Степень	Симптоматика
I	Судорожное сокращение мышц без потери сознания
II	То же с потерей сознания, но при сохранившемся дыхании и работе сердца
III	Потеря сознания и нарушение работы сердца или дыхания
IV	Клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения

По истечении клинической смерти (для здорового человека 4–8 минут) наступает биологическая смерть, характеризующаяся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур.

Основные факторы, влияющие на исход воздействия тока

Степень поражения организма человека зависит от ряда факторов, главным образом от величины силы тока и длительности его прохождения через тело, электрического сопротивления тела человека, а также рода и частоты тока, состояния организма и условий внешней среды. Электрическое сопротивление тела человека и напряжение влияют на исход поражения, поскольку они определяют значение силы тока, проходящего через тело человека.

Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивлений кожи и внутренних тканей. Наружный слой кожи — эпидермис — обладает значительно большим сопротивлением по сравнению с остальными органами и тканями человека. Сопротивление сухой чистой и неповрежденной кожи человека достигает 100 кОм и более. Если кожа в месте контакта влажная или верхний ее слой поврежден, то сопротивление организма резко снижается — до 0,800–1,00 кОм.

Сила тока, проходящего через тело человека, является основным фактором, обуславливающим исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее его действие. Установлены три критерия, характеризующие действие электрического тока на человека. Характеристики этих критериев при

протекании тока по пути «рука — рука» или «рука — нога» приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Критерии воздействия электрического тока

Пороговый ток	Характер воздействия	Сила тока, мА	
		переменного ($f = 50$ Гц)	постоянного
Ощутимый	Раздражения	0,5–1,5	5–7
Неотпускающий	Судороги рук, предплечий	6–10	50–80
Фибрилляционный	Фибрилляция сердца, смерть	90–100	300

Переменный ток силой 25–50 мА, воздействуя на мышцы грудной клетки, при длительном протекании может вызвать прекращение дыхания и смерть от удушья. Приведенные значения силы тока зависят от индивидуальных свойств человека, его физического развития, состояния нервной системы. Неопасным считается ток менее 0,1 мА. С увеличением длительности протекания тока через тело человека возрастает вероятность тяжелого или смертельного исхода: резко падает сопротивление кожи, более вероятно поражение сердца, накапливаются другие отрицательные последствия.

Путь тока в теле пострадавшего имеет существенное значение. Если он проходит через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг, то опасность велика. Статистика несчастных случаев показывает, что доля потерявших сознание во время воздействия тока по пути «правая рука — ноги» составляет 87%, а по пути «нога — нога» — только 15%.

Род и частота тока, проходящего через человека, оказывают большое влияние на исход поражения. Постоянный ток в четыре — пять раз безопаснее переменного частотой 50 Гц той же величины. При напряжении до 300 В более опасен переменный ток, при бóльших напряжениях — постоянный.

С увеличением частоты переменного тока уменьшается сопротивление тела, следовательно, возрастает сила тока, проходящего через тело пострадавшего. Наибольшую опас-

ность представляет переменный ток частотой 20–100 Гц. При частоте тока $f > 100$ Гц опасность поражения несколько снижается, а при частоте тока $f > 1$ кГц снижение ее значительно. Токи частотой свыше 500 кГц не вызывают электрического удара, но могут вызвать термические ожоги.

Индивидуальные свойства человека и состояние окружающей среды играют заметную роль в исходе поражения. Повышенной восприимчивостью к электрическому току обладают люди, страдающие заболеваниями кожи, сердечно-сосудистой системы, легких, нервными заболеваниями и др., поэтому к обслуживанию электроустановок допускаются лица, прошедшие специальный медицинский осмотр.

Повышенная влажность и температура, загрязнение воздуха токопроводящей пылью увеличивают опасность поражения электрическим током.

Меры защиты от поражения электрическим током

Электробезопасность (по ГОСТ 12.1.009–76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения») обеспечивается организационными и техническими мероприятиями, конструкцией электроустановок, применением технических методов, средств защиты.

Организационные меры защиты. Применение защитных мер регламентируется нормативными документами по электробезопасности: Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), утвержденными приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г. № 204; Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ Р М-016-01), утвержденными постановлением Минтруда России от 5 января 2001 г. № 3; Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП-2003), утвержденными приказом Минэнерго России от 12 января 2003 г. № 6.

Электроустановками называются машины, в которых производится, преобразуется, распределяется и потребляется электроэнергия. Меры защиты должны соответствовать виду электроустановки и условиям применения электрооборудования, обеспечивая достаточную безопасность.

Опасность поражения в электроустановках и его тяжесть зависят от номинального напряжения. Согласно ПУЭ электроустановки подразделяются на (а) работающие под напряжением более 1 кВ с глухозаземленной нейтралью (чаще используются сети напряжением $U = 110 \div 750$ кВ)

и с изолированной нейтралью (6, 10, 20, 35 кВ) и (б) работающие под напряжением менее 1 кВ с глухозаземленной и с изолированной нейтралью.

Электрические сети напряжением до 1 кВ выполняются, как правило, трехфазными: 660, 380 и 220 В. Чаще применяют четырехпроводные сети напряжением 380/220 В. В ряде производств недопустимо использование сетей с глухозаземленной нейтралью. Силовые электроустановки напряжением 660, 380, 220 В, работающие с изолированной нейтралью, имеют меньшую опасность при однофазном прикосновении ввиду большого сопротивления изоляции проводов.

Классификация помещений. Безопасность при эксплуатации электроустановок существенно зависит от повышенной влажности и температуры воздуха, запыленности и загазованности помещений. Согласно ПУЭ все помещения по опасности поражения током делят на **три категории**: 1) помещения без повышенной опасности; 2) помещения с повышенной опасностью; 3) особо опасные помещения. При этом выделяют следующие **признаки повышенной опасности**:

— наличие токопроводящих полов — металлических, железобетонных, кирпичных и т.п.;

— сырость помещений при относительной влажности воздуха $> 75\%$;

— высокая температура воздуха ($t > 35^\circ\text{C}$);

— токопроводящая пыль (металлическая, угольная и др.).

Пыльными считаются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она проникает внутрь машин и оборудования;

— возможность одновременного прикосновения человека к заземленной металлоконструкции и к металлическому корпусу электроустановки;

— коэффициент заполнения помещения электрооборудованием $> 0,2$.

Признаки особой опасности:

— особая сырость ($\phi \approx 100\%$ — стены, пол и потолок покрыты влагой);

— наличие химически активной среды (агрессивные пары, газы, жидкости).

Классификация обслуживающего персонала по электробезопасности. Существует пять квалификационных

групп по охране труда, зависящих от типа электроустановок и рода работы. Для эксплуатации ручного электрооборудования достаточна первая квалификационная группа. Для управления электрооборудованием с напряжением U менее 1000 В необходима квалификация персонала не ниже второй группы, для работы на электроустановках с U более 1000 В — не ниже третьей.

Способы и меры защиты от поражения электрическим током. Технические способы и средства защиты приведены в ГОСТ 12.1.019—79 «Электробезопасность. Общие требования». Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциалов; электрическое разделение сетей; защитное отключение; изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная); оградительные устройства; предупредительная сигнализация, блокировка; знаки безопасности; средства защиты и предохранительные приспособления.

Защита от прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям достигается дополнительной или усиленной изоляцией токоведущих частей; расположением токоведущих частей на недоступной высоте или в недоступном месте; использованием ограждений: сплошных в виде кожухов и крышек (в электроустановках $U < 1$ кВ) и сетчатых; применением блокировок, предупредительной сигнализации, знаков безопасности. По принципу действия блокировки делятся на механические и электрические. Например, в аппаратуре автоматики и ЭВМ применяют штепсельное соединение отдельных блоков, т.е. механическую блокировку. Электрическая блокировка осуществляет отключение электроустановки при открытии дверей, ограждений, крышек кожухов.

Малое напряжение и электрическое разделение сетей используют для повышения безопасности при работе в основном с ручным электрифицированным инструментом.

Малое напряжение — это номинальное напряжение ≤ 42 В, применяемое в целях уменьшения опасности поражения электрическим током. Наибольшая степень безопасности достигается при напряжении до 10 В (сила тока при случайном прикосновении $I_h = 10/1000 = 0,01$ А). Источники малого напряжения: батареи, аккумуляторы, трансформаторы — должны быть максимально приближены

к потребителю. Для ручного электроинструмента и местного освещения в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях используют напряжение 12, 36, 42 В.

Электрическое разделение сетей: разветвленная сеть большой протяженности имеет значительную емкость и небольшое активное сопротивление изоляции относительно земли; ток замыкания на землю в такой сети может достигать значительной величины, поэтому однофазное прикосновение в сети является опасным. Опасность поражения резко снизится, если единую сильно разветвленную сеть с большой емкостью и малым сопротивлением разделить на ряд небольших сетей с незначительной емкостью и высоким сопротивлением изоляции с помощью специальных разделяющих трансформаторов.

Защитное заземление, зануление и защитное отключение являются наиболее распространенными техническими средствами для защиты персонала при прикосновении к токоведущим частям электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции.

Защитное заземление или зануление выполняют: а) во всех случаях при номинальном переменном напряжении ≥ 380 В и постоянном напряжении ≥ 440 В; б) в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при номинальном переменном $U = 42 \div 380$ В и постоянном $U = 110 \div 440$ В. Таким образом, электроустановки, работающие под напряжением до 42 В переменного и до 110 В постоянного тока, не требуют защитного заземления и зануления, за исключением некоторых случаев, оговоренных в ПУЭ.

Защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Принцип действия защитного заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения и силы тока, проходящего через человека, обусловленных замыканием на корпус (рис. 5.3). При заземлении корпуса происходит замыкание на землю; прикосновение к заземленному корпусу вызывает появление параллельной ветви, по которой часть тока замыкания проходит на землю через тело человека. Сила тока в параллельных цепях обратно пропорциональна сопротивлениям цепей, поэтому ток, проходящий через тело человека $I_{\text{н}}$, безопасен.

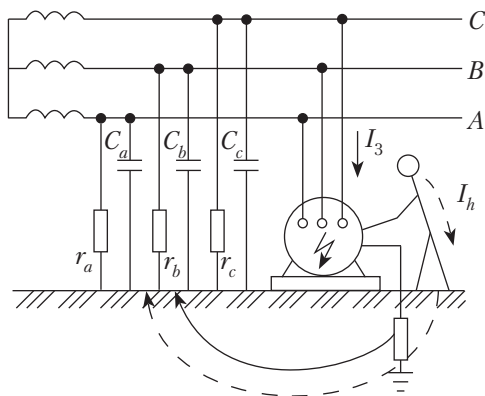


Рис. 5.3. Принципиальная схема защитного заземления

Область применения защитного заземления — трехфазные сети напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью и сети напряжением более 1 кВ как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (одного или нескольких металлических элементов, погруженных на определенную глубину в грунт) и проводников, которые соединяют заземляемое оборудование с заземлителем. В зависимости от расположения заземлителей относительно оборудования заземляющие устройства делятся на выносные и контурные. Выносное устройство располагается на некотором удалении от оборудования. Преимуществом такого типа заземляющего устройства является возможность выбора места размещения, недостатком — отдаленность заземлителя от защищаемого оборудования. Контурное устройство, заземлители которого расположены по контуру вокруг заземляемого оборудования, обеспечивают лучшую защиту.

Основной элемент заземляющего устройства — естественный или искусственный заземлитель. Естественными заземлителями могут быть металлические и железобетонные части коммуникаций и других сооружений, имеющие надежное соединение с землей. Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные элементы. В качестве вертикальных элементов используют стальные трубы, уголки, прутки, которые соединяют

прочно между собой горизонтальными элементами из полосовой стали. Для заземляющих проводников используют полосу и круглого сечения сталь.

Зануление — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических токоведущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Это основное средство обеспечения электробезопасности в трехфазных сетях с заземленной нейтралью и U менее 1 кВ (обычно 220/127, 380/220, 660/380 В). В таких сетях уменьшить напряжение на корпусе, контактирующем с токоведущими частями, невозможно, но можно повысить безопасность оборудования, уменьшив длительность замыкания на корпус. В сети с занулением различают (рис. 5.4.): нулевой рабочий проводник НР (для питания током электроприемников) и нулевой защитный проводник НЗ (для зануления).

Зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, возникает ток большой величины, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита, которая селективно отключает поврежденный участок. Для того чтобы быстро отключить аварийный

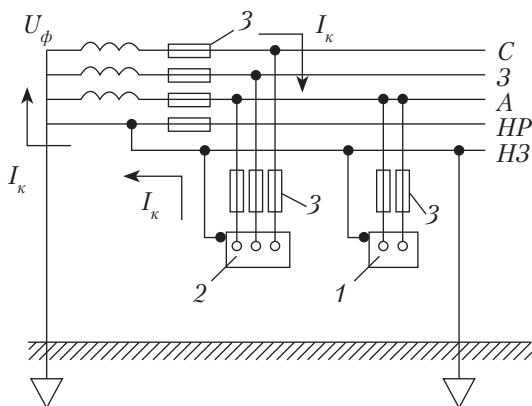


Рис. 5.4. Принципиальная схема зануления в трехфазной сети с нулевым рабочим (НР) и нулевым защитным (НЗ) проводниками:

1 и 2 — корпуса одно- и трехфазного приемников тока;
3 — плавкие предохранители, I_k — ток однофазного короткого замыкания, U_ϕ — фазное напряжение

участок, ток короткого замыкания, согласно ПУЭ, должен не менее чем в три раза превышать номинальный ток через плавкую вставку или в 1,25–1,4 раза номинальный ток автоматического выключателя. Расчет зануления заключается в определении сечения нулевого провода, удовлетворяющего условию срабатывания максимальной токовой защиты. Если зануленный корпус одновременно заземлен, то это улучшает условия безопасности, так как обеспечивает дополнительное заземление нулевого защитного (НЗ) провода.

Защитное отключение — это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Подобная опасность возникает при повреждениях установки, таких как замыкание на землю; снижение сопротивления изоляции; неисправности заземления, зануления или устройства защитного отключения.

Повреждение установки приводит к изменениям некоторых величин, которые можно использовать как входные величины автоматического устройства, осуществляющего защитное отключение. Например, напряжение корпуса относительно земли, напряжение нулевой последовательности (несимметрия напряжения фаз относительно земли), ток замыкания на землю, ток нулевой последовательности и другие параметры могут быть восприняты датчиком автоматического устройства как входная величина (время срабатывания менее 0,2 с). Защитное отключение можно использовать в качестве единственной или основной меры защиты совместно с дополнительным заземлением или занулением или в дополнение к заземлению или занулению.

Электрозащитные средства применяются для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, воздействия электрической дуги и электромагнитного поля. По характеру применения электрозащитные средства подразделяются на две категории: средства коллективной и средства индивидуальной защиты.

Электрозащитные средства могут быть основными и дополнительными. Основными являются средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которые позволяют при-

касаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Средства защиты, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электрозащитными средствами, служат дополнительными средствами.

5.2.3. Защита от неионизирующих электромагнитных полей и излучений

Проблема взаимодействия человека с искусственным **электромагнитным излучением (ЭМИ)** в настоящее время весьма актуальна в связи с интенсивным развитием радиосвязи и радиолокации, расширением сферы применения электрической энергии высокой, ультравысокой и сверхвысокой частот для осуществления различных технологических процессов, массовым распространением бытовых электрических и радиоэлектронных устройств. Искусственные источники создают **электромагнитные поля (ЭМП)** большей интенсивности, нежели естественные.

Достоверно известно, что ЭМП искусственного происхождения оказывают неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему, вызывают онкологические, аллергические заболевания, болезни крови и могут оказывать влияние на генетические структуры. В последнее время появились публикации о канцерогенной опасности ЭМП промышленной частоты 50/60 Гц.

В промышленности электромагнитные поля используют для плавления металлов, индукционной и диэлектрической обработки разнообразных материалов и т.д. Применение новых технологических процессов значительно улучшает условия труда. Например, при замене плавильных или нагревательных печей, работающих на разных топливах, установками индукционного нагрева значительно снижается загазованность воздуха на рабочих местах, уменьшается интенсивность теплового облучения. Однако устройства, генерирующие ЭМП, могут явиться причиной производственно-обусловленных заболеваний. Опасность воздействия электромагнитных полей усугубляется еще тем, что они не обнаруживаются органами чувств.

Электромагнитную природу имеют также инфракрасные, видимые, ультрафиолетовые и ионизирующие излучения, отличающиеся по частоте (и длине) волны.

Источники и характеристики электромагнитных полей

Любое техническое устройство, использующее или вырабатывающее электрическую энергию, является источником ЭМП. В городских условиях на людей воздействуют как электромагнитный фон, так и электромагнитные поля отдельных источников. В бытовых условиях источниками электростатических полей могут быть любые поверхности и предметы, легко электризуемые за счет трения: ковры, линолеумы, лакированные покрытия, одежда из синтетических тканей, обувь; электростатический заряд накапливается на экранах телевизоров и компьютеров.

В соответствии с санитарными нормами допустимый уровень электростатических полей в жилых зданиях — 15 кВ/м. Электромагнитные поля производственных установок оцениваются (и нормируются) в двух частотных диапазонах: токов промышленной частоты ($f = 3 \div 300$ Гц) и радиочастот ($f = 60$ кГц \div 300 ГГц).

Источниками **ЭМП промышленной частоты** являются высоковольтные линии электропередач, распределительные устройства, нагревательные устройства, устройства защиты и автоматики. Источниками **ЭМП радиочастот** являются установки зонной плавки, а также высокочастотные элементы установок: индукторы, трансформаторы, конденсаторы, фидерные линии, электронно-лучевые трубки. В установках индукционного нагрева источник излучения — индукционная катушка; диэлектрического нагрева — рабочий конденсатор.

Электромагнитное поле непрерывно распределено в пространстве, распространяется в воздухе со скоростью света, воздействует на заряженные частицы и токи, вследствие чего энергия поля преобразуется в другие виды энергии. **Переменное электромагнитное поле** — это совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которые характеризуются соответствующими векторами напряженности.

При использовании компьютерной техники проблема состоит в том, что электрические и магнитные поля от дисплеев столь же интенсивны, как и от телевизоров, а усадить пользователя персонального компьютера (ПК) на расстоянии двух-трех метров от дисплея невозможно. Пользователь ПК подвергает себя воздействию электромагнитных полей. В последнее время появились много-

численные сведения о неблагоприятных последствиях таких воздействий.

На рабочих местах с ПК можно выделить два вида пространственных полей: а) создаваемые собственно ПК; б) создаваемые посторонними источниками, окружающими рабочее место.

Современная компьютерная техника — энергонасыщенное оборудование с потреблением до 200–250 Вт, содержащим несколько электро- и радиоэлектронных устройств с различными принципами действия. Вокруг ПК создаются поля с широким частотным спектром и пространственным распределением:

- электростатическое поле;
- переменные низкочастотные электрические поля;
- переменные низкочастотные магнитные поля.

Потенциально возможными вредными факторами могут быть также:

- рентгеновское и ультрафиолетовое излучение электронно-лучевой трубки дисплея;
- электромагнитное излучение радиочастотного диапазона;
- электромагнитный фон (электромагнитные поля, создаваемые другими источниками, в том числе и токоподводящими линиями).

Воздействие электромагнитных полей на человека

Известно, что длительное воздействие интенсивных электромагнитных излучений промышленной частоты может вызывать повышенную утомляемость, появление сердечных болей, нарушение функций центральной нервной системы. На сегодняшний день многие специалисты принимают за безопасные уровни электрического поля менее 0,5 кВ/м и магнитного поля менее 0,1 мкТл. Под линией электропередачи напряжением 400–750 кВ электрическая составляющая ЭМП более 10 кВ/м. В соответствии с действующими нормативами в зоне воздействия электрического поля с частотой 50 Гц и напряженностью 10 кВ/м можно находиться не более трех часов, в зоне поля 20 кВ/м и выше — не более 10 минут в день.

В 1960-е гг. появились данные о возникновении таких симптомов, как головная боль, повышенная утомляемость, боль в области сердца, головокружение, бессонница у работников силовых подстанций, подвергающихся воздействию

низкочастотных электрических и магнитных полей в течение рабочего дня. Начиная с 1980-х гг. публикуется информация о связи повышенного уровня ЭМП на работе и в быту с увеличением числа онкологических заболеваний. В связи с этим стали проводиться исследования биологических эффектов искусственных ультранизкочастотных (УНЧ; 0,001–10 Гц) и крайне низкочастотных (КНЧ; 10–300 Гц) магнитных и электрических полей на организм человека. Наблюдаемые эффекты, выявленные при многочисленных медицинских исследованиях, приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

**Биологические эффекты, выявленные
при медицинских исследованиях влияния магнитных полей
на организм человека**

Источники, характеристика магнитных полей (МП)	Наблюдаемые эффекты
Силовые подстанции, 50 Гц	Головная боль, утомляемость, боли в сердце, головокружение, бессонница у работающих на силовых подстанциях
Промышленные МП, 50, 60 Гц	Утомляемость, сильная головная боль, депрессии, самоубийства
Импульсные ЭМП, 60 Гц	Повышенная смертность из-за несчастных случаев у работающих с импульсными полями
Линии электропередач, 50, 60 Гц	Увеличение числа сердечнососудистых заболеваний, повышенный (в 1,5–3 раза) риск заболеваний лейкемией, опухоли мозга у проживающих вблизи ЛЭП
Повышенный уровень ЭМП на рабочем месте	Повышенный риск заболеваний некоторыми формами лейкемии, опухоли мозга, рак груди у электромонтеров
МП от трамваев	Повышенный риск заболеваний раком груди у трамвайных рабочих
МП от электропоездов (переменный ток, 16, 67 Гц)	Повышенный риск (в 2–3 раза) заболеваний лейкемией, повышенная смертность от лейкемии у машинистов электропоездов
МП от электропоездов (постоянный ток)	Повышенный риск заболеваний сердечнососудистой системы у работающих на электропоездах

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о воздействии электрических и магнитных полей на нервную систему человека, в тканях которой протекают процессы, очень чувствительные к электрическим сигналам. Энергия электромагнитного поля поглощается тканями человека, оказывает биологическое действие на все системы организма человека, превращаясь в теплоту. Тепловой эффект возникает за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилия, хрящи и т.д.) и токов проводимости в жидких составляющих тканей, крови и т.п. Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять избыточное тепло, то возможно повышение температуры тела. Перегрев особенно вреден для тканей со слабо развитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный пузырь). Облучение глаз может вызвать помутнение хрусталика (катаракту).

Влияние ЭМП заключается не только в их тепловом воздействии. При действии поля происходит поляризация макромолекул тканей и ориентация их параллельно электрическим силовым линиям, что может привести к изменению их свойств: нарушению функций сердечно-сосудистой системы и обмена веществ, уменьшению количества эритроцитов в крови.

Субъективные критерии отрицательного воздействия полей — головные боли, повышенная утомляемость, раздражительность, ухудшение зрения, снижение памяти.

Степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от диапазона частот излучения, интенсивности воздействия, продолжительности, характера и режима облучения, размера облучаемой поверхности и особенностей организма.

Длительное воздействие электромагнитного поля промышленной частоты может вызвать нарушения нервной и сердечно-сосудистой систем, выражающиеся в повышенной утомляемости, сильных болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса. Аналогично воздействие поля при высоких и ультравысоких частотах радиодиапазона, так как размеры тела человека малы по сравнению с длиной волны.

Наиболее биологически активен диапазон сверхвысокочастотного (СВЧ) и мягкого рентгеновского излучения, менее активны длинные и средние волны — диапазоны ультравысокой (УВЧ) и высокой (ВЧ) частоты. Облучение

радиоволнами СВЧ может привести к перегреву отдельных органов, что обусловит нарушение, например, функционирования желудочно-кишечного тракта.

Функциональные нарушения, вызванные биологическим действием электромагнитных полей, обратимы, если вовремя исключить воздействие излучения и улучшить условия труда.

Меры защиты от воздействия электромагнитных полей

В зависимости от условий работы персонала, класса напряженности и местонахождения источников электромагнитных полей (воздушные линии электропередачи (ВЛ), открытые распределительные устройства (ОРУ), электрофизические установки и др.) применяют различные методы защиты: временем или расстоянием; выбором оптимальных геометрических параметров ВЛ и ОРУ, применением заземленных тросов, экранированием устройств, применением экранирующей одежды.

Защита временем достаточно подробно рассмотрена при нормировании полей: время пребывания человека в поле ограничивается, если его напряженность превышает 5 кВ/м для электрических полей промышленной частоты. **Защита расстоянием** связана с уменьшением напряженности при удалении от источника. Пространство у токоведущих частей, в котором напряженность поля более 5 кВ/м, называется **зоной влияния**. В отдельных случаях возможна комбинированная защита временем и расстоянием. В частности, допускается работать на земле в зоне влияния ВЛ напряжением 400...500 кВ без ограничения времени в пределах 20 м от оси опоры любого типа и не более 90 минут при работе в пролете; в зоне влияния ВЛ напряжением 750 кВ — не более 180 минут в пределах 30 м от оси промежуточной опоры и не более 10 минут при работе в пролете или вблизи анкерной опоры.

Одним из практических способов уменьшения действия поля на персонал, обслуживающий ОРУ, является снижение напряженности поля с помощью заземленных тросов, которые подвешиваются в рабочей зоне под токоведущими проводами. Например, применение заземленных тросов, подвешенных на высоте 2,5 м над землей под фазами соединительных шин ОРУ напряжением 750 кВ, уменьшает потенциал в рабочей зоне на высоте 1,8 м, т.е. на уровне роста человека, с 30 до 13 кВ.

Организационные мероприятия по защите от воздействия ЭМП в случаях интенсивного передвижения людей и животных в зоне линий электропередачи (ЛЭП), а также при производстве сельскохозяйственных работ вблизи ЛЭП заключаются в следующем.

1. Проход людей и животных под проводами можно осуществлять вблизи опор, оказывающих экранизирующее влияние. Так, для ВЛ напряжением 750 кВ напряженность электрического поля на расстоянии 2 м от опоры в 5–6 раз меньше, чем в середине пролета.

2. Необходимо применение экранирующих тросов или навесов, представляющих собой параллельные заземленные провода (диаметр 5...10 мм, расстояние между проводами 0,2...0,4 м), которые натянуты на специальные заземленные стойки.

3. Для указания запрещенной зоны и места безопасного прохода людей следует на опорах или специальных стойках устанавливать предупреждающие плакаты.

4. Сельскохозяйственные работы вблизи ВЛ должны производиться только машинами и механизмами на гусеничном ходу, причем работы рекомендуется производить поперек трассы ВЛ, так как напряженность поля уменьшается в радиальном направлении.

5. Все сельскохозяйственные машины, работающие вблизи ВЛ, должны иметь металлические кабины или козырьки, надежно соединенные с рамой или корпусом машины.

Технические меры защиты. Основным техническим средством защиты работающих от воздействия ЭМП является **экранирование** — защита рабочих мест от источников электромагнитных излучений экранами, поглощающими или отражающими электромагнитную энергию. Выбор конструкции экрана зависит от характера технологического процесса, мощности источника излучения, диапазона волн.

Общее экранирование является наиболее эффективным методом защиты работающих от воздействия ЭМП. Лучшее решение данной проблемы — экранирование всех элементов установки одним кожухом-экраном, однако это не всегда осуществимо. Примером могут служить ВЧ-установки промышленного нагрева (в частности, индукционные печи).

Материал экрана выбирают с учетом требуемой степени ослабления излучения и допустимых потерь мощности в экране. Для изготовления экранов используют материалы с высокой электропроводимостью — медь, латунь, алюми-

ний, сталь. Сетчатые экраны менее эффективны, чем сплошные, но они удобны в эксплуатации и применяются в тех случаях, когда необходимо ослабление плотности потока энергии. В качестве отражающего материала применяют также оптически прозрачное стекло, покрытое диоксидом олова: этот материал используется для окон кабин, камер.

Поглощающие магнитодиэлектрические пластины изготавливают из материалов с плохой электропроводимостью: прессованных листов резины или пластин из пористой резины, наполненной карбонильным железом. Их используют для экранирования как источника излучения, так и рабочего места. В последнем случае экраны выполняются в виде переносных или стационарных щитов с покрытием со стороны источника излучения.

Снижение напряженности электромагнитного поля в рабочей зоне достигается за счет правильного определения рабочего места: оно должно располагаться с учетом экранирования и на необходимом удалении от источника излучения, чтобы предотвратить переоблучение персонала. Возможно дистанционное управление установками из экранированных камер или отдельных помещений. Рабочее место следует располагать в зоне минимальной интенсивности облучения, однако по условиям технологического процесса это не всегда приемлемо.

Средства индивидуальной защиты. Для индивидуальной защиты работающих применяют комбинезоны и халаты из металлизированной ткани, осуществляющие защиту человека по принципу сетчатого экрана. Для защиты глаз используют очки, смонтированные в капюшон или выполненные отдельно. Для защиты от полей промышленной частоты также используют спецобувь и средства защиты головы, рук и лица. Однако вследствие их малого удобства эти средства используются, как правило, только в особых случаях (при ремонтных работах, в аварийных ситуациях и т.п.).

5.2.4. Защита от тепловых излучений

Метеорологические условия на производстве характеризуются температурой воздушной среды, относительной влажностью, скоростью движения воздуха и атмосферным давлением, температурой поверхности (ограждающих конструкций, технологического оборудования), интенсивностью теплового излучения. Особое место занимает тепловое (инфракрасное) излучение, исходящее от нагретых

материалов, поверхности оборудования. Все эти параметры оказывают большое влияние на здоровье человека и производительность труда.

Гигиенические требования к величинам температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются в зависимости:

а) от **категории работ**, различающихся по уровню энергозатрат:

— *легкие физические работы* — работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением;

— *физические работы средней тяжести* — работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения;

— *тяжелые физические работы* — работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий;

б) **сезона года**. Здесь различают два периода — холодный и теплый. *Холодный период года* — это период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже. *Теплый период года* — период со среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С.

Отнесение условий труда к тому или иному классу вредности и опасности по показателям микроклимата осуществляется в соответствии с Руководством Р 2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Условия труда оцениваются по разным показателям микроклимата в зависимости от конкретного рабочего места. Гигиеническими нормативами предусмотрено деление микроклимата на нагревающий и охлаждающий.

К **нагревающему микроклимату** относится такое сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, скорость его движения, влажность, относительная влажность, тепловое излучение), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой, выражающееся в накоплении тепла в организме и (или) увеличении доли потерь тепла испарением пота.

К **охлаждающим микроклиматом** является такое сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место

изменение теплообмена, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме.

Класс условий труда при работе в производственных помещениях с охлаждающим микроклиматом (при отсутствии теплового излучения) определяется по нижней границе температуры воздуха. Класс условий труда при работах на открытой территории в холодный период года и в неотапливаемых помещениях определяется по нижней границе температуры воздуха.

На ряде производств высокая температура воздушной среды сочетается с повышенной влажностью (красильные цеха текстильной промышленности, бумажная промышленность и т.д.). На других производствах технология требует пониженных температур (морозильники, бродильные отделения пивоваренных заводов и т.д.). Часто работы проводятся на открытом воздухе в зимнее время (строительные работы, открытая добыча угля и полезных ископаемых и т.д.).

Теплообмен в производственных помещениях горячих цехов происходит излучением и конвекцией. В процессе теплообмена различают две стадии: между источниками теплоты (с температурой более 33 °С) и окружающими предметами — эта стадия отличается высокой интенсивностью лучистого обмена и сравнительно малой интенсивностью конвективного; между нагретыми облучением телами и воздухом — в этой стадии преобладает конвекция. При температуре источников тепловыделений более 50 °С в теплообмене преобладает излучение, поэтому для обеспечения нормальных условий труда в горячих цехах снижение теплоизлучений является основной задачей.

Каждый источник теплоты создает в пространстве **поле излучения**, независимое от взаимного положения источников. Распространяясь в пространстве, поля излучений накладываются одно на другое, создавая некоторую картину терморadiационной напряженности цеха. Таким образом, пространство горячего цеха представляет собой поле распределения энергии излучения. Лучистая энергия не поглощается окружающим воздухом: в поверхностных слоях облучаемого тела она превращается в тепловую энергию. Передача теплоты излучением происходит в инфракрасном (ИК), видимом (В) и ультрафиолетовом (УФ) диапазонах спектра распространения электромагнитных волн и зависит в первую очередь от температуры источника.

Тепловой обмен человеческого организма с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате жизнедеятельности организма и отдачей или получением им тепла из внешней среды.

У работающих при повышенных температурах нарушается обмен веществ, начинается обильное потоотделение. С потом выделяется до 50 г NaCl, вода при этом теряется в количестве до 8 литров в смену. В результате нарушается водно-солевой обмен, что ведет к изменениям в белковом обмене: в крови появляется большое количество молочной кислоты, мочевины. Вместе с потом удаляются необходимые витамины, тем самым нарушается витаминный обмен. Нарушается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем: пульс учащается до 100 ударов в минуту, повышается максимальное и понижается минимальное кровяное давление, учащается дыхание.

При охлаждении организма кровеносные сосуды кожи сужаются, скорость протекания крови через кожу и отдача тепла путем конвекции и излучения замедляется. Охлаждение вызывает нарушение углеводного обмена, рефлекторной деятельности, появляются простудные заболевания, понижается производительность труда.

В производственных условиях важное значение приобретают изменения в организме, вызванные повторяющимися изо дня в день в течение длительного периода охлаждением или нагреванием. У работающих постепенно образуется новый функциональный уровень организма, часто наступает физиологическое приспособление к производственным термическим воздействиям. Возникает адаптация организма к этим условиям.

Нормирование метеорологических условий производственных помещений осуществляется по ГОСТ 12.1.005—88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Этот стандарт устанавливает **оптимальные и допустимые микроклиматические условия** в зависимости от характера производственных помещений, времени года и категории выполняемой работы (легкая, средней тяжести и тяжелая).

Для снижения опасности воздействия тепловых излучений используют такие способы, как уменьшение интенсивности излучения источника, защитное экранирование источника или рабочего места, воздушное душирование, применение средств индивидуальной защиты, организационные и лечебно-профилактические мероприятия.

При невозможности по техническим причинам достигнуть нормируемых температур вблизи источников значительных тепловых излучений предусматривается защита работающих от возможного перегрева: водовоздушное душирование, высокодисперсное распыление воды на облучаемые поверхности и кабины, устройство помещений для отдыха и др. Правильная организация отдыха имеет большое значение для восстановления работоспособности. Длительность перерывов и их частота определяются с учетом интенсивности облучения и тяжести работы. В местах отдыха недалеко от места работы обеспечиваются благоприятные метеорологические условия. Регулярно организуются медосмотры для своевременного лечения.

Технические меры защиты от тепловых излучений: механизация, автоматизация, дистанционное управление и наблюдение, уменьшение тепловых потерь излучением, тепловая изоляция и герметичность источников излучения (печей, трубопроводов с горячими газами и жидкостями), экранирование источников излучения и рабочих мест.

Тепловая изоляция поверхностей источников излучения снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и радиационную его часть. Уменьшая тепловые потери оборудования, тепловая изоляция обуславливает сокращение расхода топлива (электроэнергии). Печи изолируют в большинстве случаев легковесным кирпичом; между наружным стальным кожухом и кирпичной кладкой иногда применяют засыпки из сыпучих или волокнистых материалов; своды изолируют засыпкой из сыпучих материалов (например, песка или колошниковой пыли). Засыпка создает герметичность, что особенно важно для газовых выбросов.

Экранирование — наиболее распространенный и эффективный способ защиты от теплового излучения. Экраны применяются для локализации источников лучистой теплоты, снижения облученности на рабочих местах, снижения температур окружающего рабочего места поверхностей. *По принципу действия* экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие, теплоотводящие. Подобное деление в известной степени условно, так как каждый экран обладает способностью отражать, поглощать и отводить теплоту. Отнесение экрана к той или иной группе зависит от того, какая из его способностей наиболее выражена. *По конструкции* и возможности на-

блюдения за технологическим процессом экраны можно разделить на три группы:

— **непрозрачные**. Материалом для **теплоотражающих экранов** служат листовой алюминий, белая жель, алюминиевая фольга, укрепляемые на несущем материале (картоне, асбесте, сетке). Достоинства отражающих экранов — высокая эффективность, малая масса, экономичность; недостатки — нестойкость к высоким температурам, механическим воздействиям, ухудшающаяся эффективность при пылеотложениях и окислении.

В **теплопоглощающих экранах** применяют материалы с большим термическим сопротивлением (щиты асбестовые на металлической сетке или листе, футерованные огнеупорным или теплоизоляционным кирпичом и др.), вследствие чего температура наружной поверхности резко уменьшается. Такие экраны можно использовать при высоких интенсивностях излучений и температурах, механических ударах и запыленной среде.

Теплоотводящие экраны представляют собой сварные или литые конструкции, охлаждаемые протекающей внутри водой. Подобные экраны практически теплонепроницаемы. Они наиболее эффективны по сравнению с другими видами непрозрачных экранов, но к их устройству предъявляются определенные требования безопасности;

— **полупрозрачные**. К теплопоглощающим экранам относятся металлические сетки (размер ячейки 3—3,5 мм), цепные завесы, армированное стальной сеткой стекло. Эти экраны уступают по эффективности непрозрачным экранам;

— **прозрачные**. Для теплопоглощающих экранов используют разные стекла (силикатные, органические, кварцевые), бесцветные или окрашенные в массу, тонкие металлические пленки, осажденные на стекле.

Дистанционные пульты управления (или кабины), предназначенные для защиты от теплового излучения, должны удовлетворять следующим требованиям: объем кабины оператора — более 3 м³; стены, пол и потолок оборудованы теплозащитными ограждениями; площадь остекления достаточная для наблюдения за технологическим процессом и минимальная для уменьшения поступления теплоты.

Средства индивидуальной защиты от теплового излучения предназначены для защиты глаз, лица и поверхности тела. Для защиты глаз и лица используют очки со свето-