

Ю. Д. Сибикин

ОХРАНА ТРУДА И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Издание 4-е, переработанное и дополненное

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 331.45
ББК 65.246
С34

Рецензент:

доктор технических наук, профессор, почетный работник
высшего профессионального образования РФ

Ветошкин А. Г.

С34 **Сибикин, Ю. Д.**
Охрана труда и электробезопасность : учебное пособие /
Ю. Д. Сибикин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва ; Вологда :
Инфра-Инженерия, 2021. – 312 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0577-5

Изложены предписания нормативных документов, посвященных устройству электроустановок и охране труда при их эксплуатации. Раскрыты требования к электротехническому персоналу, инструментам, приспособлениям, такелажному оборудованию, средствам индивидуальной защиты и порядку организации работ. Рассмотрены мероприятия по оказанию первой помощи пострадавшим от электрического воздействия тока.

Для лиц, ответственных за электрохозяйство, электротехнического персонала предприятий и студентов электротехнических техникумов и вузов.

УДК 331.45
ББК 65.246

ISBN 978-5-9729-0577-5

© Сибикин Ю. Д., 2021
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021
© Оформление. «Инфра-Инженерия», 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с планом социально-экономического развития России до 2036 года, разработанным в 2018 году Минэкономразвития, в стране проводятся мероприятия по реконструкции и техническому перевооружению промышленных предприятий, внедрению прогрессивных технологий, повышению мощности и производительности технологического оборудования, автоматизации производственных процессов. Ожидаемый рост ВВП на 67,5 %, к уровню 2018 года, связан с еще более широким применением электрических машин, аппаратов и повышением требований к охране труда и электробезопасности.

Систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека называют *охраной труда*. Так определяются содержание и задачи охраны труда в «Системе стандартов безопасности труда» (ССБТ) – документе, имеющем в нашей стране силу закона.

«Охрана труда и электробезопасность» – единственная изучаемая в электромеханических техниках специальная дисциплина (СДО4), которая имеет непосредственное отношение к жизни и здоровью человека, в этом состоит ее важнейшее значение. Основные разделы этой дисциплины надо не только хорошо изучить, твердо знать, но и неукоснительно соблюдать в практической работе. Здесь не бывает мелочей: невыполнение любого из них может окончиться трагически. Причем, если ошибки, упущения, вызванные недостаточной квалификацией специалиста или технической небрежностью, еще могут быть как-то исправлены – пусть даже с большой затратой материальных средств, времени и труда – то пренебрежение правилами электробезопасности может привести к невозполнимым потерям.

Специфика нарушений в области охраны труда такова, что несчастье подчас постигает не только самого нарушителя, но и ни в чем не повинных людей, случайно пострадавших от его неправильных действий.

Роль каждого специалиста электротехника и руководителя производства состоит не просто в выполнении производственных за-

даний «любой ценой», но обязательно с соблюдением всех требований охраны труда. Именно на руководителях всех рангов, от мастера до министра, лежит обязанность обеспечить для всех работающих безопасные и благоприятные условия труда, а вместе с тем и ответственность за нарушения установленных правил и норм охраны труда. Изучение курса «Охрана труда и электробезопасность» – первый шаг в овладении необходимыми знаниями в этой области.

При написании книги учитывалось наличие у читателя знаний технологических процессов, оборудования, машин и механизмов, изучение которых предусмотрено программами соответствующих профессий. В связи с этим основное внимание уделено формированию и систематизации вопросов охраны труда и электробезопасности.

Автор стремился к тому, чтобы, приобретая знания, изложенные в данном пособии, и практически закрепляя их, электротехнический персонал творчески подходил к вопросам безопасности труда при монтаже электроустановок, их эксплуатации и ремонте.

С вводом в действие с 24 июля 2013 года **новых правил по охране труда (Правил безопасности) при эксплуатации электроустановок** на территории Российской Федерации отменены Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок (М., Энергоатомиздат, 1989 год) и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (М., Госэнергонадзор, 1994 год), пересмотрены инструкции и другие нормативно-технические документы организаций по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Правила безопасности распространяются на работников предприятий независимо от форм собственности и организационно-правовых форм и других физических лиц, занятых техническим обслуживанием электроустановок, проводящих в них оперативные переключения, организующих и выполняющих строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения.

Работодатель в зависимости от местных условий может предусматривать дополнительные меры безопасности труда, не противоречащие Правилам безопасности (ПБ).

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электро-

установки до 500 кВ, в том числе на специальные электроустановки. Отдельные их требования можно применять для действующих электроустановок, если это упрощает электроустановку, а расходы по реконструкции обоснованы технико-экономическим расчетом или если эта реконструкция направлена на обеспечение тех требований безопасности, которые распространяются на действующие электроустановки.

Предлагаемая читателю книга призвана помочь электротехническому персоналу предприятий в изучении и применении новых требований охраны труда, предусмотренных Трудовым кодексом РФ, Правилами безопасности и ПУЭ.

Автор

РАЗДЕЛ I. ОХРАНА ТРУДА

Глава 1. Воздействие негативных факторов на человека и способы защиты от них

1.1. Основные понятия

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Профессиональным заболеванием (профзаболеванием) называется заболевание, которое развивается в результате воздействия на работающего специфических для данной работы вредных производственных факторов.

Частным случаем профессионального заболевания является профессиональное отравление. Профзаболевание обычно возникает в результате более или менее длительного периода работы в неблагоприятных условиях, поэтому в отличие от травмы точно установить момент возникновения заболевания нельзя.

Совокупность действий работников с применением средств труда, необходимых для превращения ресурсов в готовую продукцию, включающих в себя производство и переработку различных видов сырья, строительство, оказание различных видов услуг называется *производственной деятельностью*.

Условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов, называют *безопасными*.

Рабочее место – место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Сертификат соответствия работ по охране труда (сертификат безопасности) – документ, удостоверяющий соответствие проводимых в организации работ по охране труда установленным государственным нормативным требованиям охраны труда.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию (ГОСТ 12.0.002-80).

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Травма (несчастный случай) на производстве обычно бывает следствием внезапного воздействия на работника какого-либо опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Производственные травмы и профессиональные заболевания происходят в результате воздействия на человека *опасных* и *вредных* производственных факторов, которые ГОСТ 12.0.003-74 («ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация») подразделяет на *физические, химические, биологические* и *психофизиологические*.

К *физическим факторам* относят электрический ток, движущиеся механизмы, недопустимые уровни шума и вибрации и др.

Химические факторы – это вредные для человека вещества.

Биологические – это бактерии, вирусы и их модификации (коронавирусы и т.п.), растения или животные.

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

Действие всех опасных и вредных производственных факторов рассматривается в рабочей зоне, т.е. в пространстве высотой до двух метров от поверхности, на которой расположено рабочее место.

Зона, в которой могут действовать опасные и вредные факторы, называется **опасной**. Она может быть *постоянной в пространстве* или *во времени и переменной*. Производство работ в переменной опасной зоне характерно для электромонтажного и пусконаладочного персонала.

В зависимости от уровня и продолжительности воздействия некоторые вредные производственные факторы могут стать опасными.

Травмы и профзаболевания приносят обществу большой социальный и материальный ущерб.

1.2. Виды вредностей и их воздействия на человека

Человек чувствует себя нормально, если вдыхаемый им воздух чист и не содержит вредных для организма и жизнедеятельности различных пылей, паров и газов. Вредные примеси, содержащиеся в воздухе, могут проникать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы. При создании новых и перевооружении существующих предприятий предусматривают мероприятия, обеспечивающие условия для нормальной работы, при которых воздух очищается от вредных примесей. Но существуют еще технологические процессы, сопровождающиеся выделением вредных веществ или выполняемые в условиях повышенной запыленности и загрязнения воздуха (землеприготовительные цехи, углеразмольные участки, литейные и кузнечные цехи др.). Одним из самых распространенных вредных веществ является пыль. Пыль – это мелкие частицы твердого вещества, способные находиться в воздухе во взвешенном состоянии. Пыль образуется при строительных работах (разборке старых конструкций, дроблении камня и других сырьевых компонентов, транспортировке сыпучих грузов и т.п.), обработке твердых металлов, перегрузке угля и др.

По воздействию на организм человека различают пыли ядовитые (токсичные) и неядовитые (нетоксичные). Ядовитые пы-

ли растворяются в биологической среде организма и вызывают отравления. Например, свинцовая пыль, образующаяся при изготовлении и ремонте свинцовой оболочки кабелей, аккумуляторов, попадая в организм вместе с вдыхаемым воздухом, вызывает изменения в нервной системе, крови, дыхательных путях. Неядовитые пыли оказывают вредное действие на дыхательные пути, являясь причиной заболевания их верхних отделов и легких, действуют на кожу, глаза и уши. Попадая на слизистую оболочку носа, трахеи, бронхов, пыль вызывает разнообразные реакции в зависимости от ее происхождения. Развиваются острые и хронические риниты (насморки). Задерживаясь в дыхательных путях, пыль вызывает катары бронхов, бронхиальную астму.

Вредность воздействия зависит от количества вдыхаемой пыли, размеров и формы пылинок и их химического состава. Мелкие пылинки размером 0,1...0,2 мкм называются дымом. В легких он не задерживается и выдыхается обратно. Частицы размером 10 мкм и более задерживаются в носоглотке. Наиболее опасны частицы размером 0,2...7 мкм, которые не задерживаются в верхних дыхательных путях, а проникают в легкие и вызывают профессиональные заболевания – пневмокониозы (силикоз и др.). Силикоз возникает от действия пыли, содержащей двуокись кремния. Пневмокониозы ведут к ограничению дыхательной поверхности легких и изменениям во всем организме человека.

Некоторые производственные процессы сопровождаются выделением вредных веществ, попадающих в воздух рабочей зоны в газо- и пылеобразном состоянии. Например, при монтаже и ремонте аккумуляторных установок выделяются пары кислот или щелочей, при изготовлении электродвигателей и проведении лакокрасочных и пропиточных работ – пары растворителей, при сварке и пайке – пары металлов и др. Поступление вредных веществ через органы дыхания – самый распространенный и опасный путь: всасывание ядовитых веществ происходит интенсивно, они попадают в большой круг кровообращения, минуя печень. Поступление ядовитых веществ через желудочно-кишечный тракт несколько менее опасно, потому что большая часть их, всосавшаяся через стенки кишечника, попадает в печень, где

задерживается и обезвреживается. Проникающие через неповрежденную кожу ядовитые вещества также весьма опасны, так как попадают в этом случае прямо в большой круг кровообращения и вызывают отравление организма человека.

Тяжесть отравления зависит от концентрации веществ, времени действия, температуры окружающей среды (при высокой температуре воздуха ядовитые пары проникают в организм быстрее). Яды оказывают токсичное действие на организм в целом, но некоторые ядовитые вещества действуют преимущественно на отдельные органы и системы (например, метиловый спирт поражает зрительный нерв; бензол – кровеносные органы и т.д.).

1.3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вредные вещества – вещества, для которых органами санитарного надзора установлена предельно допустимая концентрация (ПДК).

Список «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» разработан в рамках секции «Промышленная токсикология» проблемной комиссии «Научные основы гигиены труда и профпатологии».

ПДК – это Государственный гигиенический норматив для использования при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля качества производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

ПДК – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК для большинства веществ являются максимально разовыми, т.е. содержание вещества в зоне дыхания работающих усреднено периодом кратковременного отбора проб воздуха: 15 мин для токсических веществ и 30 мин для веществ

преимущественно фиброгенного действия. Для высококумулятивных веществ наряду с максимально разовой установлена среднесменная ПДК, средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75 % продолжительности рабочей смены или концентрация средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного их пребывания.

Под воздействием применяемого оборудования и технологических процессов в рабочей зоне создается определенная внешняя среда. Ее характеризуют микроклимат, содержание вредных веществ, уровень шума, вибраций, излучений, освещенность рабочего места.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных ПДК. В соответствии с СН 245-71 и ГОСТ 12.1.007-76 БТ все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяют на четыре класса опасности:

- первый класс – чрезвычайно опасные с ПДК $< 0,1$ мг/м³ (свинец, ртуть – 0,001 мг/м³);
- второй класс – высокоопасные с ПДК = 0,1...1 мг/м³ (хлор – 0,1 мг/м³; серная кислота – 1 мг/м³);
- третий класс – умеренно опасные с ПДК = 1,1...10 мг/м³ (спирт метиловый – 5 мг/м³; дихлорэтан – 10 мг/м³);
- четвертый класс – малоопасные с ПДК > 10 мг/м³ (например, аммиак – 20 мг/м³; ацетон – 200 мг/м³; бензин, керосин – 300 мг/м³; спирт этиловый – 1000 мг/м³).

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества можно разделить на группы: раздражающие (хлор, аммиак, хлористый водород и др.); удушающие (оксид углерода, сероводород и др.); наркотические (азот под давлением, ацетилен, ацетон, четыреххлористый углерод и др.); соматические, вызывающие нарушения деятельности организма (свинец, бензол, метиловый спирт, мышьяк).

Согласно требованиям санитарных норм и Системы стандартов безопасности труда, на предприятиях должен осуществляться контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей

зоны. Там, где применяются высокоопасные вредные вещества первого класса – контроль непрерывный, с помощью автоматических самопишущих приборов, выдающих сигнал при превышении ПДК. Там, где применяют вредные вещества второго, третьего и четвертого классов, должен осуществляться периодический контроль путем отбора и анализа проб воздуха. Отбор производят в зоне дыхания в радиусе до 0,5 м от лица работающего; берется не менее пяти проб в течение смены.

К вредным веществам однонаправленного действия относят вредные вещества, близкие по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека.

Примерами сочетаний веществ однонаправленного действия являются:

- а) фтористый водород и соли фтористоводородной кислоты;
- б) сернистый и серный ангидрид;
- в) формальдегид и соляная кислота;
- г) различные хлорированные углеводороды (предельные и непредельные);
- д) различные бромированные углеводороды (предельные и непредельные);
- е) различные спирты;
- ж) различные кислоты;
- з) различные щелочи;
- и) различные ароматические углеводороды (толуол и ксилол, бензол и толуол);
- к) различные аминосоединения;
- л) различные нитросоединения;
- м) амино- и нитросоединения;
- н) тиофос и карбофос;
- о) сероводород и сероуглерод;
- п) оксид углерода и аминосоединения;
- р) оксид углерода и нитросоединения;
- с) бромистый метил и сероуглерод.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (K_1, K_2, \dots, K_n) в воздухе к их ПДК ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$) не должно превышать единицы:

$$\frac{K_1}{ПДК_1} + \frac{K_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{K_n}{ПДК_n} < 1 \quad (1.1)$$

В списке ПДК используют следующие обозначения:

П – пары и/или газы;

А – аэрозоль;

n + a – смесь паров и аэрозоля;

+ – требуется специальная защита кожи и глаз;

О – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

А – вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях;

К – канцерогены;

Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

При одновременном выделении в воздух рабочей зоны помещений нескольких вредных веществ, не обладающих односторонним характером действия, количество воздуха при расчете общеобменной вентиляции следует принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача наибольшего объема чистого воздуха.

В нашей стране ПДК устанавливают санитарные органы Минздрава России. Периодически, в соответствии с уровнем развития медицинских знаний ПДК пересматривают, как правило, в сторону ужесточения. Так, например, до 1968 года действовали нормы, предусматривающие ПДК бензола 20 мг/м³. Клинико-гигиенические исследования выявили случаи неблагоприятного воздействия таких его концентраций на организм человека. Это послужило основанием к снижению ПДК бензола до 5 мг/м³. В общем, можно сказать, что все предельно допустимые концентрации стремятся к некоторым пределам, называемым обычно предельно допустимыми экологическими концентрациями (ПДЭК). Имеются в виду концентрации вредных веществ, не оказывающие вредного влияния (ближайшего или отдаленного) на экологические системы, т.е. на совокупность живых организмов, среду обитания и их взаимосвязь.

В настоящее время ПДК установлены для воздуха рабочей зоны более чем для 850 веществ. В табл. 1.1 приведены ПДК некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны и атмосферного воздуха населенных мест.

Таблица 1.1. ПДК некоторых вредных веществ в воздухе производственных помещений и атмосферном воздухе населенных мест

Загрязняющее вещество	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		
	рабочей зоны	максимальная разовая	средняя суточная
Азота диоксид	5,0	0,085	0,085
Аммиак	20	0,20	0,20
Ацетон	200	0,35	0,35
Сероводород	10	0,008	0,008
Фенол	5	0,01	0,01
Формальдегид	0,5	0,035	0,012
Хлор	1,0	1,10	0,03
Бензол	5,0	1,50	0,80
Дихлорэтан	10	3,0	1,0
Серы диоксид	10	0,5	0,05
Метанол	5,0	1,0	0,5
Фтористые соединения (в пересчете на фтор)	0,5	0,02	0,05
Пыль нетоксичная (известняк)	6	0,5	0,05
Этанол	1000	5	5

Другой важнейшей величиной, характеризующей уровень загрязнения атмосферного воздуха, является предельно допустимый выброс (ПДВ). В отличие от ПДК, ПДВ является научно-техническим нормативом. Его измеряют во времени и устанавливают для каждого источника организованного выброса при условии, что выброс вредных веществ от данного источника и от совокупности источников района (с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере) не создает приземной концентрации, превышающей ПДК для атмосферного воздуха. Предельно допустимые концентрации выбросов можно получать за счет разбавления отходящих газов – увеличения мощности вентиляционных систем или строительства более высоких труб.

На предприятиях, где применяют вредные вещества, разрабатывают и внедряют мероприятия по улучшению санитарно-технического состояния. Предусматривается применение новых прогрессивных технологий, исключающих контакт человека с вредными веществами.

1.4. Охрана атмосферного воздуха от загрязнений выбросами промышленных предприятий

На промышленных предприятиях воздух, выбрасываемый в атмосферу из систем местных отсосов общеобменной вентиляции и технологических процессов, содержащий загрязняющие вредные вещества, должен подвергаться очистке, а остаточное количество вредных веществ необходимо рассеивать в атмосфере.

«Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) Госкомгидромета РФ предусматривает, что концентрации вредных веществ от вентиляционных выбросов данного объекта с учетом фоновых концентраций от других выбросов не должны превышать:

а) в атмосферном воздухе населенных мест предельно допустимых максимальных разовых концентраций вредных веществ ($\text{ПДК}_\text{р}$), установленных Госкомсанэпиднадзором России, или $0,8 \text{ ПДК}_\text{р}$ – в зонах санитарно-защитной охраны курортов, крупных санаториев, домов отдыха и в зонах отдыха городов;

б) в воздухе, поступающем в помещение производственных и административно-бытовых зданий через приемные устройства, открываемые окна и проемы, используемые для притока воздуха $0,3$ предельно допустимых концентраций вредных веществ для рабочей зоны производственных помещений ($\text{ПДК}_\text{в, з}$).

Очистку выбросов пылегазовоздушной смеси можно не предусматривать из систем с естественным побуждением, а также из систем источников малой мощности с искусственным побуждением, если эти выбросы не нарушают требований соответствующего раздела проекта «Охрана атмосферного воздуха от загрязнений».

Для упрощения расчетов по охране атмосферного воздуха введены понятия – вентиляционный источник малой мощности, и

условный источник. Это один источник или условный источник, заменяющий группу источников, находящихся на кровле здания в пределах площади круга диаметром 20 м.

Общий расход пылегазовоздушной смеси таких источников составляет $L \leq 10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Условная концентрация q , $\text{мг}/\text{м}^3$, по каждому вредному веществу не должна превышать q_1 , q_2 и q_3 , а для пыли, кроме того, не более $100 \text{ мг}/\text{м}^3$. Значения q_1 , q_2 и q_3 определяют по формулам:

$$q_1 = 10 \frac{H + D}{D} q_n, \quad (1.2)$$

$$q_2 = \frac{L_{con}}{L} q_n, \quad (1.3)$$

$$q_3 = 0,08 \frac{l}{D} K q_{w,z}. \quad (1.4)$$

Здесь H – высота расположения устья источника над уровнем земли, м; для группы источников высоту H определяют как высоту условного источника, равную среднему арифметическому из высот всех источников группы; D – диаметр устья источника, м; для группы источников диаметр условного источника равен:

$$D = (D_a^2 + D_b^2 + \dots + D_i^2)^{0,5}, \quad (1.5)$$

если устье источника не круглое, то за D следует принимать диаметр, определяемый по формуле $D = 1,13A^{0,5}$, здесь A – площадь поперечного сечения устья источника, м^2 ; L_{con} – условный расход атмосферного воздуха для разбавления выбрасываемых вредных веществ; при расстояниях от источника до границы населенного пункта 50, 100, 300, 500 м и более условный расход воздуха равен соответственно 60, 250, 2000, 6000 $\text{м}^3/\text{с}$; L – расход пылегазовоздушной смеси для одного конкретного или условного источника, $\text{м}^3/\text{с}$; l – расстояние, м, между устьем одного источника и приемным устройством для наружного воздуха по горизонтали: при $l < 10$ следует принимать $l = 10D$; при $l > 60$ $l = 60D$.

Расстояние условного источника от приемного отверстия l для группы i источников равно:

$$l = (l_a + l_b + \dots l_i)/i, \quad (1.6)$$

где l_a, l_b, \dots, l_i – расстояние по горизонтали каждого из источников группы, оси струй которых при направлении ветра в сторону рассматриваемого приемного устройства для наружного воздуха вписываются в его габариты; K – коэффициент, характеризующий уменьшение концентрации вредных веществ в струе, его определяют по приложению 23; СНиП 2.04.05-91*; $q_n, q_{w,z}$ – ПДК вредных веществ соответственно по отношению к воздуху населенных мест и к воздуху рабочей зоны, мг/м³.

Условную концентрацию q для одного источника и условного источника с выбросом вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, приведенную к одному веществу, определяют, мг/м³:

а) при сравнении с q_1 и q_2 по формуле

$$q = q_1 + q_2 \frac{q_{n1}}{q_{n2}} + \dots + q_i \frac{q_{ni}}{q_{ni}}; \quad (1.7)$$

б) при сравнении с q_3 по формуле

$$q = q_1 + q_2 \frac{q_{w,z1}}{q_{w,z2}} + \dots + q_i \frac{q_{w,z1}}{q_{w,zi}}. \quad (1.8)$$

Здесь q_1, \dots, q_i – концентрация вредных веществ, мг/м³, обладающих эффектом суммации действия; $q_{n1}, \dots, q_{ni}; q_{w,z1}, \dots, q_{w,zi}$ – соответственно ПДК_n и ПДК_{w,z} для вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия; $1, \dots, i$ – число вредных веществ, обладающих эффектом суммации по отношению к воздуху рабочей зоны.

Из систем общеобменной вентиляции помещений, систем, удаляющих вредные вещества первого и второго классов опасности и местных отсосов вредных и неприятно пахнущих веществ и взрывоопасных смесей выбросы следует производить через трубы и шахты не имеющие зонтов, вертикально вверх.

Расстояние от источников выброса систем местных отсосов взрывоопасной парогазовоздушной смеси до ближайшей точки возможных источников воспламенения (искры, газы с высокой температурой и др.) l_z , м, следует принимать, не менее

$$l_z = 4D \frac{q}{q_z} \geq 10. \quad (1.9)$$

Здесь D – диаметр устья источника, м; q – концентрация горючих газов, паров, пыли в устье выброса, мг/м³; q_z – концентрация горючих газов, паров и пыли, равная 10 % их нижнего концентрационного предела распространения пламени, мг/м³.

Выбросы от систем вытяжной вентиляции следует располагать отдельно, если хотя бы в одной из труб или шахт возможно отложение горючих веществ или если при смешении выбросов возможно образование взрывоопасных смесей.

1.5. Обеспечение оптимальных параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

В производственных помещениях микроклимат характеризуется температурой, влажностью, скоростью движения воздуха и давлением. Для того чтобы физиологические процессы в организме человека протекали нормально, окружающая атмосфера должна воспринимать тепло, вырабатываемое организмом. Соотношение между вырабатываемым человеком теплом и охлаждающей способностью среды, обеспечивающей сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения терморегуляции и создающей предпосылки для нормальной работоспособности, характеризует комфортные метеорологические условия.

Основными путями отвода тепла из организма являются: конвекция воздуха у поверхности тела, теплопроводность через одежду, излучение и массообмен в виде испарения влаги, выделяемой потовыми железами и при дыхании. Регулирование тепловыделения для поддержания постоянной температуры (терморегуляция) в организме человека осуществляется биохимически, изменением интенсивности кровообращения и потовыделением. При перегревании организма человека кровеносные сосуды кожи расширяются и к ней притекает большое количество крови, что увеличивает отдачу тепла наружу. При переохлаждении происходит сужение кровеносных сосудов, уменьшение притока крови к коже и сокращение теплоотдачи. При потовыделении поверхность кожи теряет тепло вследствие испарения, интенсивность которого зависит от скорости движения воздуха.

При нарушении терморегуляции и теплового равновесия в организме может произойти накопление тепла, т.е. перегрев, или чрезмерный отвод тепла, т.е. переохлаждение организма. Все это снижает работоспособность человека, может явиться причиной несчастных случаев и заболеваний (тепловой удар, обморожение и др.). Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорость движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» (табл. 1.2).

Этим же стандартом установлены допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости воздуха в рабочей зоне для помещений с избытком явного тепла в теплый и холодный периоды года.

Таблица 1.2. **Оптимальные и допустимые нормы температуры, влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ. Воздух рабочей зоны)**

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с, не более	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
Холодный и переходный	I	20...23	19...25	40...60	75	0,2	0,2
	Па	18...20	17...23				0,3
	Пб	17...19	15...21			0,3	0,4
	III	16...18	13...19				0,5
Теплый	I	22...25		-	-	-	0,2
	Па	21...23					0,3
	Пб	20...22					0,4
	III	18...21					0,5

По количеству выделяющихся избытков явного тепла различают помещения с незначительными избытками (до 23, 26 Вт/м³/ч и менее) и со значительными. Различают теплый период года со среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, холодный и переходные периоды – ниже +10 °С.

По тяжести выполняемые работы разделены на следующие:

Категория I (легкая физическая) – работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей при энергозатратах организма до 140 Вт.

Категория IIa (физическая средней тяжести) – работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей, с энергозатратами организма от 140 до 175 Вт.

Категория IIб – работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей, с энергозатратами организма от 175 до 290 Вт.

Категория III (тяжелая физическая) – работы, связанные с систематическим физическим напряжением, с постоянной переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей, с энергозатратами организма более 290 Вт.

Измерение температуры воздуха осуществляют с помощью обычных ртутных и спиртовых термометров, максимальных и минимальных термометров, а также термографов с непрерывной регистрацией температуры воздуха в течение определенного отрезка времени.

Таблица 1.3. Максимальное напряжение (упругость) паров при разных температурах

Температура, °С	5	6	7	8	9	10	11
Макс. напряжение, мм рт. ст.	6,54	6,91	7,51	8,05	8,61	9,21	9,84
Температура, °С	12	13	14	15	16	17	18
Макс. напряжение, мм рт. ст.	10,52	11,23	11,90	12,79	13,64	14,58	15,48
Температура, °С	19	20	21	22	23	24	
Макс. напряжение, мм рт. ст.	16,48	17,54	18,66	18,83	21,07	22,38	

Влажность воздуха измеряется в абсолютных (г/м³, мм рт. ст.) или относительных (%) единицах. Количество водяных паров для полного насыщения воздуха зависит от его температуры. Чем выше температура воздуха, тем больше требуется водяных паров для по-

льного его насыщения. При достижении влажности (максимальной) водяные пары переходят в капельно-жидкое состояние в виде росы. Температура, при которой воздух становится насыщенным водяными парами, называется *точкой росы*. Максимальное напряжение водяных паров, или их упругость при разных температурах, указана в табл. 1.3.

Относительная влажность – отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Относительная влажность воздуха определяется психрометрами. Наиболее широкое распространение получили психрометры Августа и Ассмана.

Таблица 1.4. **Относительная влажность воздуха в процентах по показаниям психрометра Ассмана**

Разность температур сухого и влажного термометров	Температура по сухому термометру, °С									
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
0,5	93	94	95	95	96	96	96	96	96	96
1,0	87	88	89	90	91	91	91	91	92	92
1,5	80	82	84	85	86	86	87	88	88	88
2,0	75	76	78	80	81	81	82	83	84	84
2,5	69	71	73	75	77	78	79	79	80	80
3,0	63	65	68	70	72	73	74	75	76	76
3,5	57	60	63	65	67	69	70	71	72	73
4,0	51	54	57	60	62	64	66	68	69	70
4,5	45	49	52	55	57	59	62	63	65	66
5,0	40	44	48	51	54	56	58	60	62	64

По психрометрической табл. 1.4 по показаниям термометров определяют относительную влажность воздуха. Для непрерывного определения относительной влажности используются гигрографы, в которых под действием влаги происходит сокращение или удлинение волоса. Запись влажности производится на специальную ленту. Первоначальная установка пера и определение масштаба ленты определяется при помощи психрометра Ассмана.

Абсолютную влажность воздуха в мм рт. ст. вычисляют по формуле

$$A = F_B - a (t_C - t_B) \cdot B, \quad (1.10)$$

используя психрометр Ассмана, где F максимальное напряжение водяных паров при температуре влажного термометра (табл. 1.3), мм рт. ст.; a – психрометрический коэффициент, который при определении влажности наружного воздуха принимается равным 0,00074, а воздуха в помещении – 0,0011; t_C, t_B – показания сухого и влажного термометров соответственно, °С; B – барометрическое давление в момент измерения, мм рт. ст.

Барометрическое давление определяют при помощи барометра-анероида. При измерении давления необходимо учесть поправки шкалы, температуры и инерционную поправку, которые указываются в паспорте барометра.

По абсолютной влажности вычисляется относительная:

$$R = \frac{A}{F_C} \cdot 100, \quad (1.11)$$

где A – абсолютная влажность, мм рт. ст.;

F_C – максимальное напряжение водяных паров при температуре сухого термометра (табл. 1.3), мм рт. ст.

Подвижность (скорость) воздуха определяется при помощи кататермометров, термоанемометров (от 0,04 до 0,3 м/с), крыльчатых (от 0,3 до 5 м/с – рис. 1.1) и чашечных анемометров (от 1 до 12 м/с – рис. 1.2).

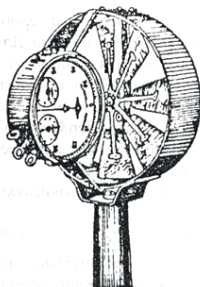


Рис. 1.1. Крыльчатый анемометр



Рис. 1.2. Чашечный анемометр

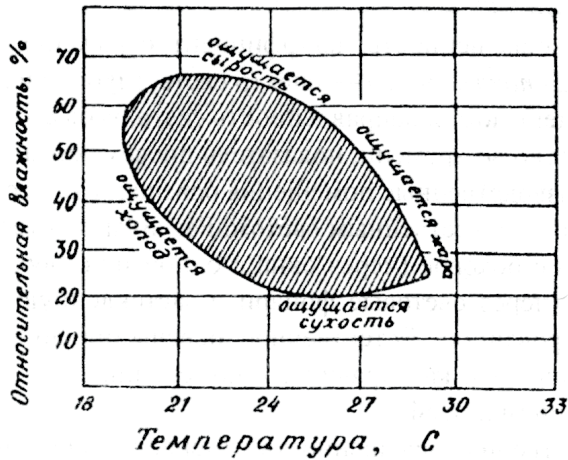


Рис. 1.3. Создание температурных условий среды
(заштрихованная зона – комфортная зона)

По измеренным данным температуры, влажности и скорости по номограмме, представленной на рис. 1.3, определяется зона комфорта.

1.6. Обеспечение оптимальной освещенности на рабочих местах

Рациональное производственное освещение имеет большое значение для создания благоприятных условий труда на предприятиях. Неудовлетворительное освещение затрудняет работу, снижает производительность труда, приводит к заболеваниям органов зрения и несчастным случаям. Световое излучение оказывает воздействие на органы зрения и весь организм, изменяя частоту пульса, нарушая процессы обмена и нервно-психическое состояние. Хорошие световые условия оказывают благоприятное психофизическое воздействие на работоспособность и активность человека, на качество работы.

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К *количественным*

показателям относятся: световой поток, сила света, яркость, освещенность, коэффициент отражения, к *качественным показателям* – спектр света, глубина и характер теней, слепимость, направленность света, угол его падения, постоянство во времени, показатель дискомфорта.

Производственные помещения освещают как естественным, так и искусственным светом. Различают естественное освещение боковое (через окна с одной или двух сторон), верхнее (через световые фонари и застекленную крышу), комбинированное. Естественное освещение должно предусматриваться, как правило, в помещении с постоянным пребыванием людей.

Естественная освещенность изменяется в широких пределах в зависимости от географической широты, времени года и суток и состояния атмосферы. Поскольку характеризовать ее в абсолютных единицах трудно, пользуются коэффициентом естественной освещенности (КЕО), %:

$$e = \frac{E_{BH}}{E_{НАР}} \cdot 100, \quad (1.12)$$

где E_{BH} – освещенность в данной точке условной рабочей поверхности помещения; $E_{НАР}$ – одновременно замеренная горизонтальная освещенность рассеянным светом небосвода вне помещения.

Нормированное значение КЕО:

$$e_n = etc, \quad (1.13)$$

где e – условный КЕО при рассеянном свете с учетом только характера зрительной работы и системы освещения; t – коэффициент светового климата с учетом поясов светового климата России (1–5), принимается в соответствии с табл. 1.5; C – коэффициент солнечности климата с учетом ориентирования здания относительно сторон света принимается для поясов:

- 1 – 0,9–1;
- 2 – 0,85–0,9;
- 4 – 0,7–0,95;
- 5 – 0,6–0,85.

Таблица 1.5. Значения коэффициента светового климата

Пояс светового климата	Коэффициент светового климата
1	1,2
2	1,1
3	1,0
4	0,9
5	0,8

Для зданий в 3-м поясе по световому климату (центр Европейской части России) независимо от их ориентации коэффициенты светового климата в солнечности климата принимаются равными 1.

Для коридоров, проходов, лестниц условный КЕО при боковом освещении для поверхности пола или ступенек принимается равным 0,1 (табл. 1.6).

Таблица 1.6. Значение условного КЕО при боковом освещении производственных помещений по СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд работ	Условный КЕО, %
Наивысшей точности	Менее 0,15	1	3,5
Очень высокой точности	0,15...0,3	2	2,5
Высокой точности	0,3...0,5	3	2,0
Средней точности	0,5...1	4	1,5
Малой точности	1...5	5	1,0
Грубая (очень малой точности)	Более 5	6	0,5
Работа со светящимися материалами или в горячих цехах	Более 5	7	1,0
Общее постоянное наблюдение за оборудованием	—	8	0,1...0,3

Различают следующие системы искусственного освещения в зависимости от расположения светильников:

- а) общее равномерное или локализованное;
- б) местное на отдельных рабочих местах;
- в) комбинированное с использованием местных и общих светильников.

Таблица 1.7. **Нормы искусственной освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях**

Разряд и подразряд зрительной работы	Нормальная освещенность в люксах для систем освещения			
	комбинированного		общего	
	газоразрядными лампами	лампами накаливания	газоразрядными лампами	лампами накаливания
Iа	5000	4000	1500	300
Iб	4000	3000	1250	300
Iв	3000	2000	2000	300
Iг	1500	1250	400	300
IIа	4000	3000	1250	300
IIб	3000	2500	750	300
IIв	2000	1500	500	300
IIг	1000	750	300	200
IIIа	2000	1500	500	300
IIIб	1000	750	300	200
IIIв	750	600	300	200
IIIг	400	400	200	150
IVа	750	600	300	200
IVб	500	500	200	150
IVв	400	400	150	100
IVг	300	300	150	100
Vа	300	300	200	150
Vб	200	200	150	100
Vв	–	–	100	50
Vг	–	–	100	50
VI	–	–	150	–
VII	–	–	200	–
VIII	–	–	75	30

Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещено. Комбинированное освещение рекомендуется для помещений, где выполняется работа разрядов 1–4.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях при расстоянии от объектов различения до глаз работающих – не более 0,5 м определяется по СНиП 23-05-95 (табл. 1.7).

Контраст объекта различения с фоном считается:

- 1) большим при относительной разности яркостей более 0,5;
- 2) средним при относительной разности яркостей от 0,2 до 0,5;
- 3) малым при относительной разности яркостей менее 0,2.

Разряды зрительной работы при искусственном освещении обозначаются римскими цифрами так же, как при естественном освещении. Подразряды определяются с учетом характеристики фона и контраста объекта различения с фоном (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Подразряды зрительной работы при искусственном освещении рабочих поверхностей в производственных помещениях

Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона		
	темный	средний	светлый
Малый	а	б	в
Средний	в	г	г
Большой	в	г	г

Расширяется применение газоразрядных люминесцентных ламп, имеющих большие преимущества перед лампами накаливания, для которых установлена более высокая нормированная освещенность (табл. 1.7). Общее локализованное освещение устраивается в производственных помещениях, а общее равномерное освещение — в непроизводственных. Система комбинированного освещения наиболее экономична. Нормы освещенности при комбинированном освещении выше, чем при общем (табл. 1.7). При комбинированном освещении общее освещение должно создавать 10 % всей нормы освещенности.

Правильная организация освещения предусматривает не только соблюдение норм освещенности, регламентирующих минимальную освещенность для каждого вида работ, но и выполнение гигиенических требований к качеству освещения таких, как равномерность освещения рабочих поверхностей, недопустимость излишней яркости, блеска, слепящего действия, разных теней и контрастов.

Основными требованиями к устройству электрического освещения являются:

- создание требуемой и равномерной освещенности в соответствии с нормами применительно к роду и точности выполняемой работы;
- применение осветительной арматуры, соответствующей назначению, условиям окружающей среды и обеспечивающей защиту от слепящего действия источников света;
- выполнение электрической части осветительных установок и электросетей для их питания, исключающих возможность травматизма.

Типы светильников должны соответствовать условиям окружающей среды. Для электроосвещения мест производства наружных работ следует применять лампы накаливания, газоразрядные, а также ксеноновые, а работ, производимых внутри зданий, светильники с лампами накаливания.

Питание светильников общего освещения производится источниками напряжением не выше 220 В. В помещениях без повышенной опасности указанное напряжение допускается для всех стационарных светильников независимо от высоты их установки (см. также гл. 9, п. 9.6).

Высота установки светильников над полом в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должна быть не менее 2,5 м; для установки на меньшей высоте применяются светильники, конструкция которых исключает доступ к лампе без специальных приспособлений, или светильники на напряжение не выше 12 В.

Приборы общего освещения вне помещений, если их устанавливают на высоте менее 3 м, а в помещениях с повышенной опасностью на высоте менее 2,5 м ограждают от случайного прикосновения к ним или применяют напряжение до 42 В.

Разрешается применять ручные переносные электросветильники только заводского изготовления, так как их конструкция исключает возможность прикосновения к токоведущим частям. Лампа должна быть защищена сеткой, а в особо опасных, пыльных и других помещениях дополнительно стеклянными колпаками. Питание светильников с лампами на напряжение до 42 В производится только от понизительных трансформаторов. Применять автотрансформаторы, дроссельные катушки и реостаты для понижения напряжения запрещается.

Гигиена труда требует в первую очередь максимального использования естественного освещения, так как дневной свет лучше воспринимается органами зрения.

1.7. Средства и способы защиты от электромагнитных излучений

Использование в промышленности систем, связанных с генерированием, передачей и потреблением энергии электромагнитных колебаний, сопровождается возникновением в окружающей среде электромагнитных полей. При превышении допустимых уровней воздействия электромагнитного поля на человека может возникнуть профессиональное заболевание.

Персонал, обслуживающий электроэнергетические установки промышленной частоты (в том числе 50 Гц), подвергается воздействию электромагнитных полей.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное или модулированное), режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

При систематическом воздействии электромагнитных излучений, превышающих допустимые значения, происходят функциональные нарушения нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем человека, а также некоторые изменения состава крови, особенно выраженные при высокой напряженности электрического поля.

При превышении допустимой напряженности и плотности потока энергии электромагнитного поля необходимо применять основные средства и способы защиты:

- экранирование рабочего места;
- удаление рабочего места от источника электромагнитного поля;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитную энергию;
- установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;
- применение предупреждающей сигнализации (световой, звуковой);
- применение средств индивидуальной защиты.

Эффективным и часто применяемым методом защиты от низкочастотных и радиоизлучений является экранирование. Для экранов используют главным образом материалы с большой электрической проводимостью (медь, латунь, алюминий и его сплавы, сталь). Экраны должны быть заземлены.

В качестве средств индивидуальной защиты применяется спецодежда, изготовленная из металлизированной ткани в виде комбинезонов, халатов.

Используя спецодежду из металлизированной ткани необходимо особо строго соблюдать требования электробезопасности (см. раздел II, гл. 5, п. 5.1).

1.8. Средства защиты от воздействия ионизирующих излучений

При дефектоскопии оксидных кабельных муфт и сварных контактных соединений шинопроводов часто находят источники ионизирующих излучений.

К ионизирующим излучениям относятся α - и β -частицы, потоки нейтронов, протонов и рентгеновские лучи, которые губительно действуют на живой организм.

Заболевания подразделяются на две группы:

1) общие поражения в виде острой или хронической лучевой болезни;

2) локальные поражения кожного покрова и слизистых оболочек в виде острых лучевых ожогов, язв и некрозов (отмирания) тканей.

В отличие от других вредных факторов облучение внешне не сопровождается никакими ощущениями, которые были бы неприятны, и действие облучения проявляется не сразу, а с течением времени.

Для характеристики ионизирующих излучений вводят понятие *дозы излучения*. Изменения, происходящие в организме под действием излучений, зависят от поглощенной дозы.

Сложность обеспечения безопасности при γ -дефектоскопии в условиях строительной площадки вызывается тем, что во время проведения таких работ на площадке могут находиться рабочие других специальностей. Поэтому необходимо знать размеры радиационно опасной зоны. При просвечивании стеновых панелей радиус этой зоны достигает 40...60 м. Для обеспечения безопасности γ -дефектоскопию на строительной площадке следует проводить при отсутствии рабочих, а сами источники излучения должны управляться дистанционно.

Эффективной защитой от рентгеновского и γ -излучения являются экраны, перегородки из соединений элементов с большим атомным номером и высокой плотностью (свинец, вольфрам, сталь). При проведении работ с источниками излучений граница опасной зоны должна быть ограничена предупреждающими надписями. Кроме того, желательно подавать звуковые и световые сигналы. Лица, работающие с источниками излучений, регулярно должны проходить медицинский осмотр.

Для обеспечения безопасности работ с радиоактивными веществами необходимо систематически проводить радиационный контроль индивидуальных доз облучения лиц, занятых на основных и вспомогательных операциях; уровня излучения в помещениях; эффективности защитных средств.

Контроль индивидуальной дозы облучения ведут с помощью *дозиметров* – карманных, фотоплёночных и др. Для измерения степени загрязненности рабочих поверхностей, рук, одежды служат *радиометры* различных моделей.