

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,

Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.

Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .

Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.

Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Т.Ф. Михнюк

ОХРАНА ТРУДА

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебного пособия
для студентов учреждений, обеспечивающих получение
высшего образования по специальностям
в области радиоэлектроники и информатики*



Минск
«ИВЦ Минфина»
2007

УДК 658.345.8:621.38(075.8)

ББК 32.85я73

М69

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра организации и технологии почтовой связи Высшего государственного колледжа связи (проректор, зав. кафедрой организации и технологии почтовой связи, кандидат технических наук, доцент *В. Г. Назаренко*);

ректор Минского государственного высшего радиотехнического колледжа кандидат технических наук, профессор *Н. А. Цырельчук*

Михнюк, Т.Ф.

М69 Охрана труда: учеб. пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальностям в области радиоэлектроники и информатики/ Т.Ф. Михнюк. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — 320 с.

ISBN 978-985-6782-86-5.

В учебном пособии изложены теоретический материал, методика расчета затрат на охрану труда, государственная политика и концепция в области охраны труда в Беларуси; приводятся программный материал по гигиене производственной среды, требования техники безопасности, эксплуатации технологического оборудования, принципы, способы и средства по защите работающих от опасных факторов, а также обеспечению пожарной безопасности на производстве.

Предназначено для студентов высших учебных заведений по техническим и инженерно-экономическим специальностям. Может быть полезным и для слушателей учебных заведений по переподготовке и повышению квалификации работников служб охраны труда.

УДК 658.345.8:621.38(075.8)

ББК 32.85я73

ISBN 978-985-6782-86-5

© Михнюк Т.Ф., 2007

© Оформление.

УП «ИВЦ Минфина», 2007

Предисловие

Общественные преобразования, технологический прогресс и высокие темпы производства стремительно меняют условия труда, его процесс и организацию. Защита работающих от связанных с производством недугов, болезней и травм стала в последнее время одной из серьезнейших социально-экономических проблем в мире.

Согласно последним оценкам Международной организации труда (МОТ), основанным на статистических данных, вследствие негативного воздействия на работников производственных факторов ежегодно в мире умирает около 2 млн человек. Еще около 160 млн человек страдают от заболеваний, связанных с трудовой деятельностью, а общее количество пострадавших от несчастных случаев на производстве составляет 270 млн человек в год. Как отмечает МОТ, на каждый случай со смертельным исходом регистрируется 70 тыс. случаев возникновения предпосылок к происшествию на производстве.

В Республике Беларусь, по официальным данным, ежегодно из-за нарушений требований охраны труда на производстве травмируется свыше 5 тыс. работников, из них около 250 человек погибают, свыше 800 человек получают тяжелые травмы. На промышленных предприятиях республики и в сельском хозяйстве во вредных условиях труда занято более 30 % работающих. Ежегодно выявляется около 250 случаев профессиональных заболеваний. При этом из них более 80 % регистрируется на промышленных предприятиях.

Несчастные случаи, невыходы на работу по болезни, текучесть рабочей силы приводят к большим экономическим потерям в обществе. Так, в Беларуси из-за травматизма на производстве теряется порядка 180–200 тыс. человеко-дней ежегодно, страховые выплаты по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний составляют ежегодно порядка 25 млн долларов, а на компенсации по условиям труда — около 130 млн долларов США.

Весьма значительными потерями в связи с несчастными случаями и профзаболеваниями являются неэкономические издержки. Они включают прямые физические потери для пострадавших, эмоциональный

стресс для близких, а также причиненный ущерб многим общественным ценностям, который невозможно восполнить деньгами. Таким образом, улучшение условий труда и повышение его безопасности – актуальная гуманитарная проблема.

Основными причинами производственного травматизма являются: нарушение трудовой и технологической дисциплины, низкий уровень профессиональной подготовки, а также использование недостаточно эффективных методов управления охраной труда, основанных на экономической заинтересованности нанимателей в обеспечении здоровых и безопасных условий труда на производстве.

По мнению специалистов, болезни и травмы, связанные с производством, не являются неизбежными. В отличие от ряда заболеваний, обусловленных кроме условий труда множеством дополнительных, трудно устранимых факторов (например, генетическая предрасположенность), все несчастные случаи на производстве можно предотвратить. Это подтверждается тенденцией неуклонного сокращения числа подобных несчастных случаев в промышленно развитых странах, что во многом обуславливается сокращением численности работающих в отраслях и производствах с повышенным риском, своевременной и качественной неотложной помощью, возможностью быстрой транспортировки пострадавших в медицинские учреждения и предоставлением им высококачественного лечения.

Важнейшим фактором, способствующим сокращению числа несчастных случаев и профзаболеваний, повышению безопасности и улучшению гигиены труда в условиях рыночной экономики, является широкое использование принципов экономического стимулирования работодателей в создании достойных условий труда. Экономическое стимулирование предполагает материальную выгоду вложения средств в улучшение условий и охраны труда по сравнению с выплатами штрафов, повышенных страховых взносов, компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, значительных сумм на возмещение вреда и утрату трудоспособности.

По расчетам специалистов, затраты на льготные выплаты в связи с неблагоприятными условиями труда в два раза превышают средства, идущие на их улучшение. Экономический эффект в этом случае достигается за счет уменьшения материальных последствий травматизма, общей и профессиональной заболеваемости, повышения производительности труда вследствие сокращения потерь рабочего времени, снижения затрат на льготы и компенсации за работу в тяжелых и вредных условиях труда, материального ущерба от аварий.

Таким образом, решение проблемы безопасности труда на производстве требует новых подходов и глубоких знаний не только в области инженерно-технических наук, но и при формировании комплексной системы управления охраной труда, где экономический фактор может заметно повысить ее эффективность.

Согласно Концепции государственного управления охраной труда в Республике Беларусь (2005) в числе важнейших задач по реализации Республиканской целевой программы по улучшению условий и охраны труда (2006–2010 гг.) являются совершенствование организации обучения работников по вопросам охраны труда, подготовка и издание учебно-методической литературы, разработка и совершенствование нормативной документации по этой проблеме.

В пособии уделено внимание глобальному состоянию и масштабам проблемы травматизма и профзаболеваемости, рассмотрены теоретический программный материал по гигиене и охране труда, методические средства оценки и обеспечения качества производственной среды и определения экономического ущерба из-за неблагоприятной производственной среды, экономической эффективности мероприятий по снижению риска, их стимулированию; применению экономических форм в системе управления охраной труда.

Глава 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА

1.1. Предмет, цель и задачи охраны труда

Трудовая деятельность человека, осуществляющаяся в производственных условиях, является одной из основных форм его деятельности. В процессе труда работники взаимодействуют с различными элементами производственной среды: предметами и орудиями труда, средствами производства, состоянием воздушной среды и др. Участвуя в производственном процессе, работники подвергаются влиянию преимущественно техногенных факторов, явлений и процессов, т. е. опасностям и вредностям, непосредственно связанным с природой технологических процессов, оборудования, технических устройств и др.

Опасности и вредности, приводящие к травмированию и заболеваемости работников, могут быть реальными (очевидными) и скрытыми (потенциальными). Условия, при которых потенциальная опасность может реализоваться, определяются как причина несчастного случая.

По составу и свойствам производственные опасности и вредности подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Физические опасности и вредности — это движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; передвигающиеся изделия, повышенное напряжение в электрических сетях; повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитного, рентгеновского, лазерного и ультрафиолетового излучения, повышенный уровень вибрации и шума; недостаточное освещение, неблагоприятные метеорологические условия и др.

Химические опасности и вредности представляют собой различные химические элементы и их соединения, обладающие общетоксичными, раздражающими, sensibiliziruyushimi и канцерогенными свойствами. Наибольшей канцерогенностью обладают мышьяк, никель,

кадмий, хлорфенол, три- и тетрахлорэтилен, винилхлорид, бензапирен и другие смолистые летучие вещества.

К биологическим опасностям и вредностям относятся микро- и макроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы, растения, животные). Их воздействие на человека может приводить к травмам и инфекционным заболеваниям.

Психофизиологические опасности и вредности включают в себя физические (статические, динамические, гиподинамические), а также нервно-психические перегрузки, к которым относятся умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и др.

Свойства элементов производственной среды или совокупность производственных факторов, воздействующих на персонал, формируют условия труда, которые могут быть благоприятными или безопасными (если количественные и качественные характеристики опасных и вредных факторов отвечают нормативным значениям) и неблагоприятными или опасными (если эти характеристики превышают нормативные значения, установленные трудовым законодательством и нормативными документами). Таким образом, безопасность работников определяется как состояние, при котором воздействие на них всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Все несчастные случаи на производстве являются следствием причин, которые, по мнению специалистов, могут быть устранены с принятием комплекса общеизвестных и легкодоступных мер.

Для создания благоприятных и безопасных условий труда, совершенствования и гуманизации трудового процесса на практике используют методы и средства многих дисциплин и научных направлений (инженерно-технических и биологических наук, эргономики и инженерной психологии, физиологии и психологии труда, психологии безопасности, физико-химических методов и др.).

В последние годы становится все более активным обсуждение вопроса о необходимости более широкого использования экономических факторов в обеспечении требований охраны труда. Зарубежный опыт показывает, что экономические подходы способствуют более гибкому решению проблем охраны и гигиены труда, позволяют постоянно улучшать условия труда, успешно применять их к новым видам риска по мере их возникновения. Наниматель может легко увидеть результат, который экономическое стимулирование оказывает на работу предприятия, в виде получения прибыли за счет снижения себе-

стоимости производства и повышения конкурентоспособности своей продукции.

Таким образом, *охрана труда* определяется как система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия, методы и средства.

Целью охраны труда и экономики производственной среды является сокращение социально-экономических потерь, обусловленных условиями труда, а ее *предметом* — исследование состояния условий труда, оценка рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, разработка и широкое использование наряду с другими экономическими форм и принципов в управлении охраной труда.

1.2. Региональные особенности состояния охраны и гигиены труда в мире

Как уже отмечалось, вследствие негативного воздействия производственных факторов на работников общество несет значительные социально-экономические потери — 2 млн смертельных исходов и 3–4 % валового внутреннего продукта (ВВП), или 1,25 млрд долларов США в год. Это средние мировые показатели, свидетельствующие о том, сколько мировое сообщество платит за неблагоприятные и опасные условия труда.

Экономические потери развивающихся стран по причине заболеваний, несчастных случаев и смертей, связанных с профессиональной деятельностью, достигают 10 % ВВП.

Кроме выплат компенсаций государства несут и другие расходы, связанные с несчастными случаями и заболеваниями на производстве: ранний уход на пенсию, отсутствие на работе, снижение семейных доходов и др. К негативным последствиям неэффективной охраны труда можно отнести также более частое отсутствие работников на работе, простои и недоиспользование дорогостоящего оборудования, неблагоприятный психологический климат в коллективе и как результат — снижение производительности труда, потеря квалифицированного персонала, рост затрат на его обучение, выплата компенсаций, возмещение убытков травмированным или заболевшим работникам, семьям погибших, доплаты за риск (вредные и тяжелые условия труда), более

высокие страховые взносы, материальный ущерб оборудованию и помещениям в результате происшествий и несчастных случаев, выплаты штрафов и др.

Анализ смертности в результате несчастных случаев на производстве и болезней в связи с трудовой деятельностью свидетельствует о наличии определенных проблем, характерных для отдельных регионов мира (рис 1.1). Так, в странах с рыночной экономикой (ЕМЕ) основной проблемой являются раковые заболевания, обусловленные условиями труда. Число случаев заболеваний раком вследствие неблагоприятных производственных факторов в Китае также велико, что, возможно, связано с широким применением асбеста, активным и пассивным курением на работе. Больше всего несчастных случаев на производстве отмечается в странах так называемой Остальной Азии и Океании (ОАИ). Этот показатель быстро растет и в Китае. Здесь же отмечается самый высокий уровень заболеваний дыхательных путей среди горняков.

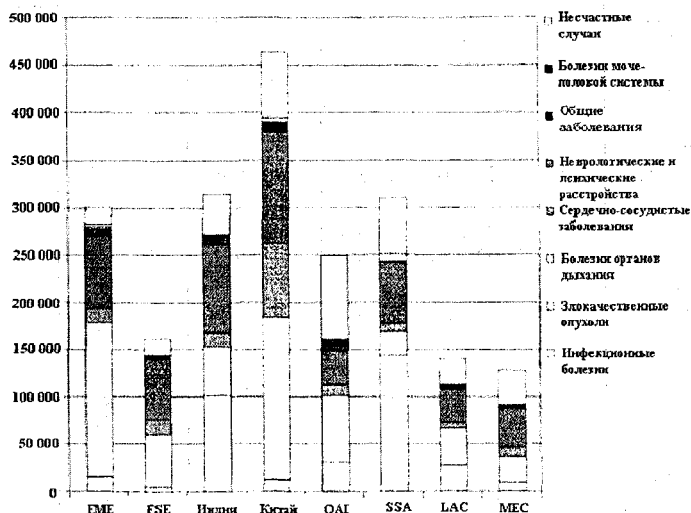


Рис. 1.1. Смертность в результате несчастных случаев и болезней в связи с трудовой деятельностью по регионам (по данным МОТ)

Сердечно-сосудистые заболевания особенно широко распространены в странах СНГ (FSE), а также в странах Ближневосточного региона (МЕС). Жители Индии и стран Африки, расположенных южнее Сахары, страдают в основном от инфекционных заболеваний, связанных с

трудовой деятельностью. В странах Латинской Америки и Карибского бассейна (ЛАС) распространены все основные заболевания, ведущее место среди которых принадлежит раковым и сердечно-сосудистым. Данные по смертности (рис. 1.1) приведены в абсолютных цифрах.

Количество несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний распределяется по всем регионам мира неравномерно. Как следует из табл. 1.1, смертность на производстве в одних регионах существенно выше по сравнению с другими регионами.

Таблица 1.1. Число умерших вследствие профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве в 2005 г.

Регион	Экономически активное население	Общее число занятых	Всего: число умерших в связи с трудовой деятельностью	Несчастные случаи со смертельным исходом	Несчастные случаи со смертельным исходом, сообщенные в МОТ
Страны с развитой рыночной экономикой	409 141 496	380 833 643	297 534	16 170	14 608
Бывшие социалистические страны	184 717 127	162 120 341	166 256	21 425	8 665
Индия	458 720 000	419 560 000	310 067	48 176	211
Китай	708 218 102	699 771 000	460 260	73 615	17 804
Остальная Азия и Океания	404 487 050	328 673 800	246 720	83 048	5631
Страны Африки южнее Сахары	260 725 947	10 540 604	257 738	54 705	1675
Страны Латинской Америки и Карибского бассейна	193 426 602	114 604 962	137 789	29 594	6998
Страны Ближнего Востока	112 906 300	48 635 240	125 641	28 019	1876
В целом по миру	2 732 342 624	2 164 739 590	2 001 717	354 753	57 468

Анализ по отдельным странам показывает еще бóльшую разницу. В некоторых странах Европы, вставших на путь индустриализации производства, уровень смертности от несчастных случаев на производстве в два раза выше, чем в других странах. В некоторых странах Ближнего Востока и Азии уровень смертности в четыре раза выше, чем в наиболее благоприятных промышленно развитых странах.

Если в индустриально развитых странах показатели смертности, несчастных случаев и заболеваний вследствие производственных факторов из года в год снижаются, то в развивающихся странах и некоторых других, достигших определенного уровня промышленного развития, эти показатели остаются неизменными или даже растут.

По данным Международной организации труда, в странах, проводивших индустриализацию своих экономик, кривая роста производственного травматизма сначала идет вверх, переходя впоследствии в горизонтальную линию. Затем в результате проведения политики и профилактических мер сокращения рисков и структурной переориентации экономики на сферу услуг положение постепенно меняется к лучшему. Быстрый рост числа несчастных случаев в ходе индустриализации частично объясняется улучшением системы регистрации несчастных случаев, а также такими действиями, как правовая поддержка, выплата компенсаций, инспекция труда и др.

Как показали исследования, наблюдается прямая зависимость между высоким уровнем охраны труда и конкурентоспособностью экономики.

Одним из факторов, усугубляющих как отрицательное, так и положительное их воздействие на жизнь и здоровье производственного персонала, является глобализация экономической деятельности и такие аспекты, как растущий объем мировой торговли, распространение новых технологий и др. По мере того как продолжаются процесс взаимного слияния транснациональных компаний и их превращение в глобальные экономические конгломераты, выступающие ядром глобальной экономики, на местном уровне движущим механизмом экономической деятельности и основным источником занятости во всех без исключения странах продолжают оставаться малые и средние предприятия, на которых опасные условия труда и риски распространены в большей степени, чем на крупных, ввиду ограниченности имеющихся у них средств и технических возможностей. В развивающихся странах состояние охраны и гигиены труда на большинстве таких предприятий значительно хуже из-за недостаточной правовой регламентации, а их соблюдение не контролируется инспекционными службами. Кроме того, публикуемые в развивающихся странах официальные данные о

несчастных случаях и происшествиях на производстве не отражают в полной мере реально сложившуюся там ситуацию.

1.3. Экономическая оценка ущерба из-за производственного травматизма и профессиональной заболеваемости

Потери, обусловленные условиями труда, в зависимости от того, подлежат ли они изменению с точки зрения экономики, могут быть экономическими и неэкономическими. Производственный травматизм и профессиональные заболевания наносят урон как производству, так и здоровью работников. Исходя из этого можно рассматривать два вида ущерба — экономический и социальный.

Экономический ущерб выражается в денежной форме фактических или возможных потерь предприятия или общества в целом, обусловленных неблагоприятной производственной средой.

Согласно исследованиям МОТ, экономические потери, обусловленные несчастными случаями и профессиональной заболеваемостью, весьма ощутимы и составляют в индустриально развитых странах около 3–4 % от ВВП.

Социальный ущерб — это ущерб, наносимый прежде всего здоровью работников в результате несчастных случаев и неблагоприятной гигиены труда. Социальный ущерб не подлежит абсолютно точной количественной оценке, поэтому социальные потери можно условно подразделить на так называемые восполнимые и невосполнимые.

Восполнимый социальный ущерб может быть измерен в стоимостных показателях. Так, можно определить прямые расходы в здравоохранении и социальном обеспечении на оплату больничных листов, затраты на лечение, потери производства от выходов на работу, снижения производительности труда и др. Невосполнимый социальный ущерб невозможно оценить стоимостными показателями, как, например, потерю здоровья, снижение творческой активности, досрочный уход на пенсию по состоянию здоровья, сокращение продолжительности жизни, психологический дискомфорт и др.

На практике наибольший интерес представляет *совокупный или суммарный ущерб*, который складывается из экономического или материального ущерба и восполнимого социального ущерба.

Для определения размеров экономических потерь и анализа их влияния на экономику предприятия и других организаций в мировой практике применяются различные методы и модели. С их помощью

можно получить информацию об экономических потерях, вызываемых невыходом работника на работу, несчастными случаями, текучестью кадров, потерями трудоспособности, изменениями условий труда и др. Эти же методы и модели могут использоваться для анализа затрат на мероприятия по улучшению охраны труда и для определения экономической эффективности трудоохранных мероприятий.

Одной из последних моделей, применяемых в странах ЕС, является модель ТУТА, которая используется в качестве инструмента для оценки потерь в результате несчастных случаев, невыходов на работу, смены кадров, а также стоимости вложений в производственную среду на предприятии. С помощью этой модели на основе ограниченной информации по основным параметрам достаточно легко вычислить затраты предприятия по совершенствованию производственной среды и экономический эффект от этих мероприятий. Она может быть использована администрацией предприятия и структурами контроля условий труда и при принятии решений в этой области.

Экономические потери из-за неблагоприятных условий труда включают в себя:

- 1) потери от невыходов на работу;
- 2) потери от несчастных случаев (прямые и косвенные);
- 3) расходы при смене кадров (расходы на увольнение работника, расходы по приему нового работника, расходы на пенсии по инвалидности);
- 4) вложения в улучшение условий труда (деятельность по охране труда и медпункта на предприятии; уход за оборудованием; инвестиции и закупки; учеба работников).

1.3.1. Потери предприятия от невыходов на работу

Невыходы на работу ведут к сокращению производства. Стоимость невыпущенной продукции может быть измерена суммой зарплаты за период нетрудоспособности.

Возникшие на производстве простои по причине отсутствия работника могут быть компенсированы за счет найма временного работника, сверхурочных, содержания излишнего персонала и др. В некоторых случаях факт недовыпущенной продукции можно обнаружить по производственным потерям и потерям при реализации продукции. Невыходы на работу негативно влияют на ритмичность работы предприятия.

Однако не всегда возможно точно оценить потери от невыхода на работу по болезни. Целесообразнее оценивать цифры, которые отра-

жают среднее состояние на предприятии (например, во что обходится один день трудоспособности) и использовать полученные таким образом данные в качестве меры для определения суммы потерь.

Согласно некоторым методикам (моделям), расчет потерь из-за невыхода на работу начинается прежде всего с подсчета экономии, получаемой предприятием при выплате зарплаты. Выплаты предприятия сотрудникам, пропускающим работу по болезни, несколько ниже тех, которые выплачиваются за то же самое время в период их нахождения на рабочем месте. Подлинная стоимость невыходов на работу может быть определена в том случае, если эта небольшая сэкономленная сумма вычитается из суммы дополнительных косвенных затрат, образующихся вследствие невыхода на работу. В этом случае стоимость невыхода на работу приравнивается к дополнительным расходам, которые предприятие несет из-за пропуска работы его сотрудниками.

В других методиках стоимость невыхода на работу рассчитывается как сумма выплат сотрудникам за период их временной нетрудоспособности по болезни и добавочной стоимости продукции.

Перечисленные подходы учтены в методике, в которой общая стоимость невыходов на работу рассчитывается как сумма прямых потерь (зарплата за время отсутствия на работе) и косвенных потерь (дополнительные производственные расходы — качество, потери продукции; дополнительная оплата персоналу — сверхурочные, сверхзагруженность; административные расходы — работа по реорганизации производства, наем временных работников). Чистая сумма дополнительных расходов (ДР) из-за невыходов на работу определяется как разность общей стоимости невыходов на работу (прямые + косвенные потери — ПП и КП) и суммы обычной оплаты труда (обычной зарплаты — ОЗ), т. е.

$$ДР = ПП + КП - ОЗ.$$

Прямые потери образуются при суммировании зарплаты, выплачиваемой в период временной нетрудоспособности, и косвенных расходов на работника.

Косвенные затраты на работника зависят от фонда оплаты труда. В эти затраты входят взносы работодателя в фонд социального страхования, в пенсионный фонд, взносы в фонд страхования от несчастных случаев на производстве и в фонд занятости, взнос на пенсию по инвалидности и на групповое страхование.

Расчет стоимости одного дня нетрудоспособности $СН_{ид}$ в этом случае можно рассчитать по формуле

$$CH_{\text{ИД}} = N_{\text{р.ч}} \cdot PO_{\text{ср}} \cdot K_{\text{к.з}}$$

где $N_{\text{р.ч}}$ — число рабочих часов; $PO_{\text{ср}}$ — средняя почасовая оплата; $K_{\text{к.з}}$ — коэффициент косвенных затрат на одного работника.

Косвенные потери из-за невыходов на работу зависят от их воздействия на деятельность предприятия. К возможным последствиям невыходов на работу и убыткам, которые предприятие может нести вследствие различных обстоятельств, относятся:

- ◆ часть работы не выполнена (стоимость потерянной продукции);
- ◆ потеря продукции (стоимость потерянной продукции);
- ◆ простой других работников (стоимость вложений);
- ◆ увеличение штатов (оплата лишних работников);
- ◆ снижение производительности труда и качества продукции (потери продукции);
- ◆ привлечение внештатных сотрудников (оплата услуг);
- ◆ оплата сверхурочных, снижение эффективности труда (рост себестоимости продукции) и др.

К основным факторам, влияющим на затраты вследствие отсутствия заболевших на работе, относятся:

- ◆ повышение расходов на зарплату;
- ◆ стоимость потерянной продукции и потери при ее сбыте;
- ◆ снижение качества продукции и др.

Расчет косвенных затрат начинается с оценки влияния невыходов на работу по болезни на расходы администрации предприятия и его управленческого персонала, а также медицинской службы. Затраты оцениваются по пропущенному времени, а затем просчитываются и по числу дней нетрудоспособности.

Рабочее время администрации и управленческого аппарата расходуется на поиск новых сотрудников, реорганизацию трудового процесса, обработку листков нетрудоспособности, заявление о компенсации и др.

Затраты медицинской службы зависят от ее организации, положений коллективного договора о характере предоставляемой помощи, а также от степени использования сотрудников этой службы. На затраты влияют число обращений в медпункт, стоимость лечения и количество выданных листков нетрудоспособности.

Показатели стоимости невыходов на работу по болезни. Основными возможными показателями, связанными со стоимостью невыходов на работу по болезни, являются:

- ◆ стоимость одного рабочего дня;
- ◆ часть личных средств, теряемых из-за невыходов на работу;
- ◆ часть средств, связанных с перестановкой кадров.

На невыходы на работу по болезни оказывают влияние такие показатели, как процент невыходов на работу (в том числе потерянное количество рабочих часов), число пропущенных дней одним работником, частота невыходов на работу одного работника, продолжительность периода нетрудоспособности и др.

1.3.2. Материальные потери в связи с несчастными случаями на производстве

Согласно рассматриваемой теории стоимости несчастных случаев, материальные потери предприятия в результате несчастного случая подразделяются на прямые и косвенные. К *прямым потерям* относятся доплата за время нетрудоспособности из-за травмы и стоимость лечения. Косвенные потери, по мнению некоторых авторов, в 4–6 раз превышают прямые потери. *Косвенные потери* складываются из потери рабочего времени других работников и сотрудников администрации производственного подразделения, урона, нанесенного собственности, потери части вложений, потери производительности труда и др.

В соответствии с одним из методов расчета потерь при несчастном случае прежде всего устанавливается стоимость прямых (расходы на зарплату, включающие оплату труда в день несчастного случая плюс оплату по бюллетеню за время нетрудоспособности) и косвенных (стоимость поврежденного оборудования, сырья и др.) потерь. Из полученной от их сложения суммы вычитается сумма, выплачиваемая страховым учреждением, а также сумма обычной зарплаты (аналогично расчету чистых потерь в результате невыходов на работу по болезни), т. е. стоимость несчастного случая $C_{н.с}$ равна сумме прямых и косвенных потерь за вычетом компенсации и зарплаты:

$$C_{н.с} = ПП + КП - K_{стр} - Z_{обыч},$$

где ПП — прямые потери (сумма зарплаты травмированного); КП — косвенные потери (компенсации за время нетрудоспособности, потеря времени другими работниками, потеря собственности, потеря продукции, повышение страховых взносов и др.); $K_{стр}$ — компенсации по страхованию от несчастного случая; $Z_{обыч}$ — общая сумма обычной зарплаты.

Прямые потери в результате несчастного случая. Оплату за время нетрудоспособности из-за несчастного случая или прямые потери (ПП) можно вычислить путем умножения среднего заработка в час (ЗЧ) на число потерянных рабочих часов (ПЧ) и коэффициент косвенных потерь на одного работника (ККП):

$$ПП = ЗЧ \cdot ПЧ \cdot ККП.$$

При отсутствии точной информации и времени травмы принимается средняя величина рабочих часов в количестве 4 на один несчастный случай.

Альтернативной методикой подсчета прямых потерь вследствие нетрудоспособности из-за несчастного случая является оценка средней зарплаты на предприятии за один обычный рабочий день. В этом случае фактически проработанные часы рассчитываются как обычное рабочее время, за исключением праздничных и выходных дней. Оплата времени нетрудоспособности, т. е. прямые потери ПП, таким образом, может быть рассчитана другим методом по формуле

$$\text{ПП} = \frac{\text{ПД} \cdot \text{ФОТ}}{n},$$

где ПД — число потерянных рабочих дней; ФОТ — фонд оплаты труда; n — сумма рабочих дней.

При расчете прямой стоимости времени нетрудоспособности из-за несчастных случаев по этой формуле количество несчастных случаев роли не играет, поскольку все потери в основном складываются в результате косвенных потерь.

Косвенные потери в результате несчастных случаев. Для определения размера косвенных потерь в результате несчастных случаев имеется множество рекомендаций. С их помощью можно определить последствия несчастного случая, хотя получение точных данных весьма затруднено или невозможно. Это объясняется тем, что большинство косвенных потерь типичны только для очень редких или очень тяжелых случаев. В связи с этим трудно выработать надежные общие указания для их оценки.

По этой причине при оценке косвенных потерь учитываются лишь самые основные и возможные потери при несчастных случаях, а также виды потерь, которые в случае необходимости можно отнести к категории «другие косвенные потери».

Таким образом, косвенные потери при несчастных случаях включают в себя:

- ◆ компенсацию нетрудоспособности (замены пострадавших и сверхурочные);
- ◆ потери рабочего времени других сотрудников (помощь пострадавшим, первая медицинская помощь, простой, расследование несчастного случая);
- ◆ потери собственности (поломка машин и оборудования, потеря продукции);

- ◆ другие косвенные потери (расходы на юристов, штрафы и др.);
- ◆ увеличение размера страхового взноса.

Стоимость компенсации нетрудоспособности. При подсчете компенсационных выплат учитываются те же факторы, как и уже рассмотренные при определении расходов при оплате по болезни.

Стоимость потерь рабочего времени других сотрудников. Потери рабочего времени, к которым приводит несчастный случай с одним работником, не ограничиваются только его личными потерями, но и распространяются на других сотрудников, что означает нарушение нормального трудового процесса на данном производственном участке и сокращение объемов произведенной продукции. В зависимости от характера производственной деятельности и тяжести несчастного случая потеря рабочего времени может быть меньшей или большей. Одним из распространенных последствий несчастного случая является потеря времени на ремонт оборудования и уборку. При тяжелых несчастных случаях требуется время на реанимацию пострадавшего, при этом часто приходится прерывать производственный процесс. При несчастном случае представители администрации предприятия, производственного подразделения и службы охраны труда тратят рабочее время на расследование, оценку случившегося и планирование мер по исправлению положения. В связи с тем что полные потери рабочего времени подсчитать практически невозможно, обычно используются средние цифры.

Потери собственности могут делиться на потери основных фондов и оборотных средств. Основные фонды включают оборудование — машины, станки, производственные помещения и др. В оборотные средства входят готовая продукция, сырье, используемая энергия, различные приспособления и др.

Потери продукции обуславливаются степенью повреждения или нарушения технологического процесса.

Размеры страховых взносов могут значительно различаться в зависимости от уровней риска в разных отраслях.

1.3.3. Затраты на смену кадров и пенсии по инвалидности

Текучесть и смена кадров в основном определяются состоянием условий труда и степенью удовлетворенности работой. Характер смены кадров определяется числом сотрудников, которые за данный период поступают на работу и увольняются. Как большая текучесть, так и слишком медленный обмен кадров могут приводить к негативным последствиям.

Смена кадров (СК) может определяться в процентах по отношению к среднему числу занятых:

$$СК = \frac{\text{Число уволенных} + \text{Число принятых сотрудников}}{\text{Среднее число сотрудников}}, \%$$

Процент смены кадров можно подсчитать отдельно для поступающих и для увольняющихся.

Во время экономических спадов текучесть кадров обычно низкая, а потребность в заменах удовлетворяется за счет внутренних перемещений.

Общие затраты на смену кадров могут быть поделены на три категории:

- ◆ затраты на увольняющегося работника;
- ◆ затраты на наем нового работника;
- ◆ затраты на знакомство с производством и обучение нового сотрудника.

Увольнение сотрудника всегда влечет за собой затраты, которые, как правило, вызваны потерей рабочего времени администрации (например, на беседы о причинах ухода, времени, которое положено отработать после подачи заявления, следующем месте работы и др.), а также затраты, связанные с потерей производительности труда увольняющегося работника, обусловленные оформлением ухода, пренебрежением своими обязанностями и т. п.

К другим потерям, связанным с увольнением работника, могут быть отнесены потери рабочих навыков, трудового опыта и др.

Расходы по приему нового сотрудника включают в себя расходы на потребности анализа ситуации, сложившейся на производственном участке после увольнения работника, рекламу о вакансиях, беседы с претендентами на вакантное место, отбор, тесты и т. д., а также затраты на обучение, приобретение опыта и мастерства. В этом случае расходы определяются как произведение затраченного времени на стоимость рабочего часа и на 1 % производительности, которая высчитывается с помощью средней оплаты работы за час и коэффициентов косвенных затрат работника.

В период обретения опыта производительность нового работника достигает 80 % от уровня кадрового работника. В этом случае цифра в скобках, на которую умножают, составляет 20 %, у конторского служащего уровень производительности — 75 %, а отставание — соответственно 25 %.

Затраты перехода сотрудника на пенсию по инвалидности в большей степени зависят от размеров производства. Они могут быть подсчитаны по формуле

$$ЗП = \frac{(1+i)^{60-A} - 1}{i + (1+i)^{60-A}} \cdot (12 \cdot МЗ) \cdot 0,58,$$

где A — возраст сотрудника, выходящего на пенсию по инвалидности; i — банковский процент; $МЗ$ — месячная зарплата.

1.3.4. Затраты на инвестиции в улучшение условий труда

Инвестиционные вложения в улучшение условий труда можно поделить на следующие группы:

- ◆ затраты на деятельность службы охраны труда на предприятии и медучреждения (рабочее время персонала);
- ◆ затраты на улучшение производственных процессов и повышение квалификации (учеба, собрания, рабочее время администрации);
- ◆ затраты на трудоохранную технику и др.

Например, стоимость рабочего времени сотрудников службы охраны труда (СОТ) может быть подсчитана по формуле

$$СОТ = n \cdot 11 \text{ мес} \cdot 30 \text{ ч/мес} \cdot СЧ,$$

где n — количество сотрудников; $СЧ$ — стоимость одного часа рабочего времени сотрудников.

К инвестициям в производственную среду, охрану труда и текущие расходы могут быть отнесены и текущие расходы на работы по усовершенствованию деятельности по охране труда (реализация отдельных проектов), приобретение средств индивидуальной защиты, спецодежды и др.

1.4. Оценка опасностей

Наряду с численными, балльными и другими приемами квантификации (оценки) опасностей и вредностей наиболее распространенным в последнее время является риск или уровень риска, представляющий по сути частоту реализации опасностей.

Уровень риска рассчитывается отношением числа каких-либо негативных последствий n взаимодействия людей с природной или производственной средой (заболевания, травматизм и др.) к их максимально возможному числу N за определенный период (например, год). Так, риск гибели работающего на промышленных предприятиях Беларуси $R_{\text{пр}}$ будет равен отношению среднестатистического числа ежегодно погибающих $n \approx 300$ человек к числу работающих $N \approx 3$ млн человек:

$$R_{\text{нр}} = \frac{n}{N} = \frac{300}{3,0 \cdot 10^6} = 1 \cdot 10^{-4},$$

из чего следует, что ежегодно из каждых десяти тысяч работающих погибает в среднем один человек.

Риск может быть индивидуальным или групповым (социальным), т. е. риск для группы людей.

В последнее время в большинстве стран мира концепция абсолютной безопасности (обеспечения нулевого риска) отвергнута как несоответствующая законам современной среды обитания (так как в действующих системах невозможно обеспечить 100%-ю безопасность). Вместо концепции абсолютной безопасности используется концепция приемлемого (допустимого) риска. Ее суть состоит в стремлении к такой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени в зависимости от его социально-экономического развития.

Приемлемый риск сочетает в себе экологические, технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения. Так, затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности технических систем, можно нанести ущерб социальной сфере (сокращение выполнения социальных программ). При увеличении затрат на развитие технического уровня производства технический риск снижается, однако растет социальный. Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Это обстоятельство учитывается при выборе риска, с которым общество на определенном этапе вынуждено мириться.

Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели считается риск, равный 10^{-6} в год, а пренебрежительно малым — 10^{-8} в год.

Уровень безопасности можно повысить, оптимально расходуя средства на совершенствование технических систем и объектов, организационные и административные мероприятия (подготовка персонала), а также экономические мероприятия (страхование, денежная компенсация ущерба, платежи за риск и др.).

В основе управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска.

1.5. Принципы, методы и средства обеспечения производственной безопасности и гигиены труда

В общей теории обеспечения безопасности принципы, методы и средства представляют собой определенные этапы. Знание их разли-

чий и связей играет важную роль в практике производственной безопасности.

По сути *принцип* представляет собой идею, мысль или основное положение решения той или иной проблемы. *Метод* — это путь, способ достижения цели, использующий знания наиболее общих биологических, физико-химических и иных закономерностей.

Средства обеспечения безопасности — это организационное, конструктивное и материальное воплощение выбранных принципов и методов, их конкретная реализация.

Принципы обеспечения безопасности весьма многообразны. По признаку реализации их условно можно классифицировать на ориентирующие, технические, управленческие, организационные и др.

Ориентирующие принципы являются основополагающими. Они определяют направление поиска тех или иных решений и служат в качестве методологической и информационной базы.

Одним из ориентирующих принципов является принцип системности, который состоит в том, что любое явление, действие, всякий объект рассматривается как элемент системы. Под *системой* понимается совокупность элементов, взаимодействие между которыми может приводить к однозначному либо к разным результатам. В первом случае система называется определенной, во втором — неопределенной. Уровень неопределенности системы тем выше, чем больше разных результатов может появиться. Неопределенность порождается неполным учетом элементов и особенностями взаимодействия между ними. Так, системный подход к профилактике какого-либо негативного результата состоит в том, чтобы прежде всего для конкретных условий определить совокупность элементов, образующих систему с негативным результатом. Исключение одного или нескольких элементов разрушает систему и устраняет такой нежелательный результат. Таким образом, принцип системности заключается в рассмотрении явлений с системных позиций в их взаимной связи и целостности. Система не является чистым механическим сочетанием элементов, а представляет собой качественно новые образования. Каждая система входит в состав другой системы, которая в свою очередь является частью еще большей системы и т. д., образуя подсистемы и суперсистемы. Принцип системности отражает универсальный закон диалектики о взаимной связи явлений. Он ориентирует на учет всех элементов, формирующих рассматриваемый результат, на полный учет обстоятельств и факторов, необходимых для решения проблем, связанных с обеспечением благоприятных условий труда.

Важнейшим ориентирующим принципом является также принцип деструкции, заключающийся в том, что система, приводящая к опасному результату, разрушается за счет исключения из нее одного или нескольких элементов. Этот принцип органически связан с принципом системности и характеризуется такой же универсальностью.

К ориентирующим принципам относятся принцип снижения опасности и принцип ее ликвидации. Первый заключается в использовании решений, которые направлены на повышение безопасности, однако он не обеспечивает достижения необходимого (нормируемого) уровня. Принцип ликвидации негативного результата состоит в устранении тех или иных производственных факторов, что достигается комплексом мер по изменению технологий, модернизации оборудования, совершенствованию организации труда и др.

Технические принципы, использующие в основном физико-химические законы, направлены на непосредственное предотвращение действия опасностей. Так, принцип защиты расстоянием, относящийся к данной группе принципов, заключается в установлении такого расстояния между человеком и источником опасности, при котором обеспечивается требуемый уровень безопасности. Принцип защиты расстоянием основан на том, что уровень опасных и вредных факторов уменьшается по определенному закону в зависимости от расстояния. Например, плотность потока электромагнитной энергии уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния.

Принцип прочности состоит в том, что в целях повышения уровня безопасности усиливают способность материалов, конструкций и их элементов сопротивляться механическим воздействиям. Этот принцип реализуется с помощью коэффициента запаса прочности, который определяется как отношение опасной нагрузки, вызывающей недопустимые деформации или разрушения, к допустимой нагрузке. Например, для защиты от поражения электрическим током применяют изолирующие средства, обладающие высоким коэффициентом механической и электрической прочности.

Принцип слабого звена как один из технических способов заключается в применении ослабленных элементов различных устройств, которые разрушаются или срабатывают при определенных значениях факторов, обеспечивающих сохранность устройств (объектов) и безопасность персонала. Так, для защиты электроустановок от выхода из строя и от пожара, для обеспечения электробезопасности персонала используются плавкие вставки предохранителей и др.

Принцип экранирования состоит в том, что между источником опасности и человеком устанавливается преграда, обеспечивающая защиту от опасности. Так, для защиты от электромагнитных полей используются экраны из материалов с высокой электрической проводимостью, обладающие как отражательной, так и поглощающей способностью в зависимости от их конструкции.

Управленческие принципы определяют взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности. К этой группе принципов относятся принцип плановости, принцип стимулирования, принцип компенсации, принцип эффективности и др.

Согласно принципу плановости на определенный период должны устанавливаться конкретные количественные показатели, задания и др.

Принцип стимулирования означает учет количества и качества затраченного труда и полученных результатов при распределении материальных благ и моральном поощрении.

Принцип компенсации состоит в предоставлении пострадавшим различных льгот с целью восстановления или предупреждения нежелательных изменений в состоянии здоровья.

Принцип эффективности заключается в сопоставлении фактических результатов с плановыми. Так, при реализации трудовых мероприятий оценивают их социальную и экономическую эффективность.

Организационные принципы включают в себя принцип защиты временем, принцип нормирования, принцип эргономичности и др.

Принцип защиты временем предполагает сокращение продолжительности пребывания людей в условиях воздействия высоких уровней опасных и вредных факторов (например, при выполнении работ в антенном поле радиопередатчика, в условиях радиационного облучения, шума и др.).

Принцип нормирования состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Например, соблюдение предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ из труб промышленных предприятий позволяет обеспечить в жилой зоне предельно допустимые концентрации для населения.

Обеспечение безопасности может быть достигнуто посредством реализации трех основных методов.

Первый метод состоит в пространственном (или временном) разделении рабочей зоны, где находится человек в процессе деятельности (гомосфера), и пространства, в котором постоянно или периодически

возникают опасности (ноксосфера). Этот метод может быть реализован с помощью дистанционного управления техпроцесса, использования промышленных роботов и т. п.

Второй метод заключается в нормализации ноксосферы путем исключения опасностей, с использованием комплекса средств защиты.

Третий метод включает систему приемов и средств, направленных на адаптацию человека к соответствующей среде и повышение его защищенности (обучение, использование средств индивидуальной защиты, профессиональный отбор и др.).

На практике для решения вопросов безопасности используется комбинация этих методов.

Средства обеспечения безопасности подразделяются на средства коллективной и индивидуальной защиты (СКЗ, СИЗ). Последние в свою очередь делятся на группы в зависимости от характера опасностей, от которых они защищают, конструктивного исполнения, области применения и т. д. Так, все средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения подразделяются на следующие классы: изолирующие костюмы, средства защиты органов дыхания, одежда специальная защитная, средства защиты рук, средства защиты ног, средства защиты головы, средства защиты лица, средства защиты глаз, средства защиты органов слуха, средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства, защитные дерматологические средства, средства защиты комплексные и др.

1.6. Психологические основы безопасности

Для обеспечения безопасности в процессе трудовой деятельности на практике широко используются результаты таких областей науки, как *психология труда*, изучающая психологические аспекты трудовой деятельности, *инженерная психология* и *эргономика* — процессы информационного взаимодействия человека с техническими системами и требования, предъявляемые к конструкции машин и приборов с учетом психических свойств человека, а также *психология безопасности*, предметом исследования которой являются психические процессы, состояния и свойства человека, оказывающие существенное влияние на безопасную деятельность людей.

Успешное функционирование системы «человек–машина» возможно при наличии не менее пяти следующих видов совместимостей: информационной, биофизической, энергетической, пространственно-антропометрической и технико-эстетической.

Информационная совместимость состоит в обеспечении такой информационной модели устройства (машины) — средств отображения информации (СОИ) и сенсомоторных устройств (органы управления — рычаги, ручки, кнопки, выключатели и др.), которая бы отражала все нужные характеристики машин в данный момент и позволяла оператору безошибочно принимать и перерабатывать информацию в соответствии с его психофизиологическими возможностями (особенности внимания, памяти и др.).

Успешное решение этой задачи способствует безопасности труда оператора, повышает его производительность, точность, качество и надежность работы системы.

Биофизическая совместимость предполагает создание параметров (характеристик) окружающей среды (уровней шума, вибрации, освещения, микроклимата и т. п.), соответствующих нормативным документам и обеспечивающих приемлемую работоспособность и нормальное физиологическое состояние оператора.

Энергетическая совместимость предусматривает согласование прилагаемых усилий, затрачиваемой мощности, скорости и точности движений органов, которые управляют машиной (оборудованием), с оптимальными возможностями оператора.

Пространственно-антропометрическая совместимость предполагает необходимость учета размеров тела человека, его возможности обзора внешнего пространства, рабочего положения (позы) при проектировании рабочего места (определения зоны досягаемости для конечностей оператора, выбора габаритов и конструкции рабочего стола, сиденья, расстояния оператора до приборного пульта и т. п.).

Технико-эстетическая совместимость заключается в обеспечении удовлетворенности человека от общения с машиной, от трудового процесса, за счет дизайна прибора или устройства.

Анализ несчастных случаев, аварий, катастроф, пожаров и других нежелательных событий и явлений показывает, что значительное место среди них занимают, как уже отмечалось, организационно-психологические причины. Основными из них являются низкий уровень профессиональной подготовки, недисциплинированность, пренебрежительное отношение к требованиям безопасности, допуск к опасным видам работ лиц с повышенным риском травмирования, пребывание людей в состоянии утомления или других психических состояниях, повышающих вероятность травмирования.

Учет на практике психологических особенностей и закономерностей может способствовать значительному повышению безопасности трудовой деятельности.

В структуре психической деятельности человека различают три основные группы компонентов: психические процессы, психические свойства и психические состояния.

Психические процессы являются основой психической деятельности. Различают познавательные, эмоциональные и волевые психические процессы (ощущение, восприятие, память и др.).

Психические свойства (особенности) характеризуют качества личности (интеллектуальные, эмоциональные, волевые, моральные, трудовые). Они устойчивы и постоянны во времени.

Психические состояния определяют особенности психической деятельности в конкретный момент (период) и могут положительно или отрицательно сказываться на течении всех психических процессов.

Эффективность деятельности или работоспособность базируется на уровне психического напряжения (стресса). Чрезмерные формы психического напряжения обозначаются как запредельные, вызывающие дезинтеграцию психической деятельности, что снижает уровень психической работоспособности.

Возможны два типа запредельного психического напряжения — тормозной и возбудимый.

Тормозной тип характеризуется скованностью и замедленностью движений. При этом снижается скорость ответных реакций, замедляется мыслительный процесс, ухудшается память, появляется рассеянность и другие отрицательные признаки, не свойственные данному человеку в спокойном состоянии.

Возбудимый тип проявляется гиперактивностью, многословностью, дрожанием рук и голоса. При таком состоянии у людей обнаруживаются не свойственные им раздражительность, вспыльчивость, резкость, грубость, обидчивость.

Таким образом, длительные психические напряжения и особенно их запредельные формы ведут к выраженным состояниям утомления.

К особым психическим состояниям, имеющим значение для психической надежности персонала, относятся пароксизмальные расстройства сознания, психогенные изменения настроения и состояния, связанные с приемом психически активных средств (транквилизаторов, стимуляторов, алкогольных напитков).

Пароксизмальные состояния — это группа расстройств, вызванных заболеваниями головного мозга и другими причинами (эпилепсия, обмороки).

Психогенные изменения настроения и аффективные состояния возникают под влиянием психических возбуждений. При этом проявля-

ются безразличие, вялость, общая скованность, заторможенность, замедление мышления.

Аффективные состояния (взрыв эмоций) могут развиваться под влиянием обиды, оскорбления, производственных и других неудач. В таком состоянии у человека развивается снижение объема сознания. При этом возможны резкие движения, агрессивные и разрушительные действия. Лица, склонные к аффективным состояниям, относятся к категории с повышенным риском травмирования.

Лекарственные и алкогольные изменения психического состояния возникают в результате употребления различных психофармакологических средств.

Прием легких стимуляторов (чай, кофе) способствует повышению работоспособности, а прием активных стимуляторов (первитин, фенамин) может вызвать отрицательный эффект — ухудшение самочувствия, снижение скорости реакции и др.

Употребление транквилизаторов типа седуксен или элениум оказывает выраженное успокоение и предупреждение неврозов, одновременно снижая психическую активность, замедляет реакцию, вызывает апатию и сонливость.

Пьянство и алкоголизм также оказывают отрицательное влияние на работоспособность, а постанкогальная астения (похмелье), кроме того, ведет к заторможенности и снижению чувства осторожности.

Таким образом, контроль психического состояния персонала, занятого на ответственных работах, и принятие административных мер могут положительно влиять на сокращение травматизма и повышение надежности работы сложных систем.

1.7. Анализаторные системы человека

Человек, являясь элементом системы «человек — среда обитания», осуществляет взаимодействие с окружающей средой посредством анализаторных систем, которые имеют свои особенности и характеристики, что необходимо учитывать при проектировании безопасных систем, для предотвращения несчастных случаев, аварий, катастроф и т. п.

Основными анализаторными системами, позволяющими человеку ориентироваться в окружающей среде, осуществлять с ней двухстороннюю связь, являются зрительный анализатор, слуховой анализатор, тактильный анализатор, вибрационная чувствительность, болевая чувствительность, обоняние и вкус, а также двигательный анализатор.

Любой анализатор состоит из рецептора, проводящих нервных путей и мозгового центра (конца). Энергия раздражителя, воздействуя на рецептор, превращается в нем в нервные импульсы, которые по проводящим путям (нервным волокнам) передаются в кору головного мозга, в соответствующий центр. Мозговые центры анализаторов с помощью нейронных отростков (аксонов) образуют определенные нервные связи.

Особенностью анализаторов человека является их парность, что обеспечивает высокую надежность работы анализаторных систем.

Основной характеристикой анализаторов является чувствительность. Интервал уровня раздражителя от минимальной (ощутимой) до максимальной (болевой) его величины определяет диапазон чувствительности анализатора. Минимальная величина называется нижним абсолютным порогом чувствительности, а максимальная — верхним.

Зависимость между интенсивностью ощущения $I_{\text{ощущ}}$ и интенсивностью раздражения $I_{\text{разд}}$ выражается законом Вебера–Фехнера:

$$I_{\text{ощущ}} = K \cdot \lg(I_{\text{разд}}) + C,$$

где K и C — константы.

Время от начала раздражения до появления ответной реакции на него (например, ощущения) называется латентным периодом.

Одной из основных характеристик анализаторных систем является также их способность к привыканию воздействующего раздражителя (адаптация).

1.8. Общие эргономические требования к организации рабочих мест

Важное значение в профилактике утомления имеет применение эргономики. Эта комплексная дисциплина основана на использовании данных ряда других наук для организации места работы для работника с целью повышения производительности труда, сохранения здоровья, обеспечения безопасности и комфорта. Одним из основных направлений эргономики является выполнение физиологических и психологических требований при конструировании машин и другого оборудования, организации и планировании рабочих мест. При конструировании машин должны быть предусмотрены меры по устранению лишних движений работающего, ликвидации наклонов туловища и переходов.

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений, использование обо-

рудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда.

Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на 10–15°; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе — прямая осанка.

Выбор рабочей позы зависит от мышечных усилий во время работы, точности и скорости движений, а также характера выполняемой работы. При усилиях не более 50 Н можно выполнять работу сидя. При усилиях 50–100 Н работа может выполняться с одинаковым физиологическим эффектом как стоя, так и сидя. При усилиях более 100 Н желательно работать стоя.

Работа стоя целесообразнее при необходимости постоянных передвижений, связанных с наладкой оборудования. Она создает максимальные возможности для обзора и свободных движений. Однако при работе стоя увеличивается нагрузка на мышцы нижних конечностей, повышается напряжение мышц в связи с высоким расположением центра тяжести, увеличиваются энергозатраты на 6–10 % по сравнению с позой сидя.

Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, так как уменьшается высота центра тяжести над площадью опоры, повышается устойчивость тела, снижаются напряжение мышц, нагрузка на сердечно-сосудистую систему. В положении сидя обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точности движений. Однако в этом случае могут возникать застойные явления в органах таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания.

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

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

между мужчинами и женщинами (прежде всего размерные соотношения рук, ног, длины тела и др.).

На формирование рабочей позы в положении сидя влияет высота рабочей поверхности, определяемая расстоянием от пола до горизонтальной поверхности, на которой совершаются трудовые движения. Высоту рабочей поверхности устанавливают в зависимости от характера, тяжести и точности работ. Оптимальная рабочая поза при работе сидя обеспечивается также конструкцией стула: размерами, формой, площадью и наклоном сиденья, регулировкой по высоте и др.

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. При компоновке постов и пультов управления необходимо знать, что в горизонтальной плоскости зона обзора без поворота головы составляет 120° , с поворотом — 225° ; оптимальный угол обзора по горизонтали без поворота головы — $30\text{--}40^\circ$ (допустимый — 60°), с поворотом — 130° . Допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130° , оптимальный — 30° вверх и 40° вниз.

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

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

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

ления учитывают характер движения ног, необходимые усилия, частоту движения, общее рабочее положение тела, ход педали. Наружная поверхность педали должна быть рифленой на ширину 60–100 мм, рекомендуемое усилие — 50–100 Н.

Организация и конструкция автоматизированного рабочего места человека-оператора должны обеспечивать возможность быстрого и безошибочного восприятия информации, создание удобства пользования органами управления, комфортных условий для эксплуатации оборудования, его технического обслуживания и ремонта.

При конструировании рабочего места рекомендуется применять модульный принцип, при котором для типовых рабочих мест используется единая базовая конструкция, предусматривающая возможность дополнительных технических средств и размещение их на рабочем месте с учетом выполняемых оператором функций.

Размещение технических средств (дисплеев, пультов ввода данных и документирования, аппаратуры связи и др.) должно создавать необходимые условия для выполнения простых функций левой рукой с целью снижения нагрузок на правую руку (при работе на пультах, ведении записей, работе с картой и т. д.).

Основным функциональным элементом автоматизированного рабочего места человека-оператора является пульт управления, на котором размещаются средства отображения информации и органы управления. При его конструировании необходимо учитывать следующие требования:

- ♦ поверхность пультов управления должна иметь покрытие, обладающее свойством диффузного или направленно-рассеянного отражения светового потока в целях предотвращения бликов в поле зрения оператора;

- ♦ пульта управления для работы в положении сидя должны иметь пространство для ног оператора с размерами (не менее), мм: высота — 600, глубина на уровне колен — 400 и на уровне пола — 600, ширина — 500;

- ♦ высота пультов при работе в положении сидя не должна превышать 1100 мм от пола для обеспечения возможности обзора поверх пультов управления;

- ♦ на панелях пультов управления не должно быть элементов, затрудняющих работу оператора (выступов, углублений, разноплоскостных панелей, выступающих элементов крепежа и др.) и не оправданных функциональным назначением пульта;

◆ при необходимости пульты управления должны оборудоваться выдвигаемыми ящиками для хранения документации, а также досками для ведения записей и размещения дополнительных переносных приборов.

Расположение средств отображения информации и сенсомоторных устройств на панелях пульта должно осуществляться с учетом следующих основных факторов: приоритета, группировки в логические блоки, взаимосвязей между органами управления и средствами отображения информации и сенсомоторными устройствами.

Приоритет сенсомоторных устройств (или средств отображения информации) определяется их назначением и ролью в функционировании системы. При этом выделяются следующие показатели функционирования располагаемого устройства или средства:

- ◆ частота использования;
- ◆ точность и скорость считывания показателей (для СОИ) или установки позиций (для СМУ);
- ◆ влияние ошибки считывания или запаздывания при выполнении операций на надежность и безопасность работы системы.

Размещение индикаторов и сенсомоторных устройств или органов управления на панелях пультов управления осуществляется двумя способами: функциональным, когда индикаторы и органы управления группируются с учетом совместного их использования при выполнении общей задачи или относятся к одному компоненту оборудования; последовательным, когда расположение определяется последовательностью применения. Допускается использовать сочетание этих двух способов.

При размещении средств отображения информации и сенсомоторных устройств (органов управления) учитываются следующие требования:

- ◆ важные и наиболее часто используемые средства отображения информации и органы управления должны располагаться в пределах оптимальной зоны, аварийные — в легко доступных местах, но не в оптимальной зоне, второстепенные и периодически используемые — не в оптимальных зонах;
- ◆ компоновка средств отображения должна обеспечивать обзор и видимость с рабочего места всех индикаторов, возможность легкого опознания любого из них, объединение индикаторов в последовательно используемые или функциональные группы, учет взаимосвязей индикаторов и органов управления;
- ◆ при наличии в группе шести (и более) индикаторов они должны располагаться двумя параллельными вертикальными или горизон-

тальными рядами; при этом расположение их пятью-шестью горизонтальными и вертикальными рядами не допускается;

- ◆ при наличии на панелях более 25–30 индикаторов они должны компоноваться в две-три зрительно отличимые группы;

- ◆ при размещении органов управления должна быть исключена возможность их случайного переключения, что может быть обеспечено рациональной компоновкой или устройством специальных фиксаторов;

- ◆ для обеспечения различения однотипных органов управления они должны компоноваться в группы, которые выделяются увеличением интервала между группами или установкой в данном интервале органов управления, отличающихся по виду;

- ◆ функционально связанные органы управления и средства отображения информации должны располагаться вблизи одного от другого и компоноваться функциональными группами; при этом функциональные группы, используемые для выполнения наиболее важных действий (сигнализации или устранения аварийных ситуаций), целесообразно очерчивать специальными линиями шириной 2–3 мм, хорошо контрастирующими с фоном панели;

- ◆ сенсомоторные устройства и функционально связанные с ними рядом расположенные индикаторы должны располагаться так, чтобы сами органы управления или рука при манипуляциях с ними не закрывали индикатор;

- ◆ движение органов управления вперед (т. е. от оператора), вверх, вправо или по ходу часовой стрелки (для поворотных органов управления) должно соответствовать увеличению параметра на функционально связанных с ними индикаторах или положению «Включено»;

- ◆ сенсомоторные устройства, которые требуют определенной последовательности действий или которыми манипулируют совместно, должны быть соответствующим образом сгруппированы, чтобы последовательные действия производились в порядке слева направо или сверху вниз;

- ◆ при размещении сенсомоторных устройств преимущественным способом кодирования является пространственное группирование полей клавиатур (клавишей и кнопок) по функциональному признаку, кодирование органов управления цветом может приводить к излишнему разнообразию и пестроте на пульте;

- ◆ для обеспечения возможности быстрого обнаружения неправильно набранной информации следует применять кнопки с фиксацией нажатия или с подсветом, использовать контрольную (сигнальную)

строку (или поле) на экране, отображающем набранную информацию; применять результирующую кнопку (например, «Ввод»), формирующую команду на исполнение операции (по всей цепочке нажатий), что позволяет проверять правильность нажатий и осуществлять переход от одной операции к другой под зрительным контролем; использовать хорошо читаемые, не требующие расшифровки надписи на кнопках и панелях;

- ◆ при программном контроле ошибочных действий оператор должен получать указание на наличие ошибок с помощью звукового или зрительного сигнала (загорание, мигание сигнальной лампочки или транспаранта); указание на наличие ошибки и ее характер должно также отображаться в контрольной строке или на специальном участке информационного поля.

Рабочее место оператора должно быть сконструировано с учетом обеспечения необходимых условий для технического обслуживания и ремонта оборудования (осмотра, регулировки, замены блоков и отдельных элементов). Использование испытательных средств, измерительных приборов и инструмента должно осуществляться без затруднений и нарушения техники безопасности. При этом необходимо обеспечить:

- ◆ свободный доступ к основным узлам проверки;
- ◆ максимальную заменяемость отдельных блоков, исключаящую или сводящую к минимуму их взаимную отладку после замены;
- ◆ возможность наблюдения за работой функционирующих элементов оборудования, не подвергая опасности обслуживающий персонал;
- ◆ создание таких условий, при которых незакрепленные конструктивные элементы (крышки, смотровые люки, панели) легко обнаруживаются;
- ◆ выбор размеров и ориентации вентиляционных отверстий, исключаящих возможность попадания в них инструмента при проведении работ по регулировке или при ремонте оборудования;
- ◆ подведение электрического напряжения только к розеткам и гнездам разъемов, а не к штекерам и вилкам;
- ◆ для определения неисправностей отдельных блоков необходимо предусматривать контрольные точки, которые целесообразно группировать в линию (или матрицу) с учетом последовательности проводимых измерений;
- ◆ возможность открывать дверцы и крышки одной рукой и фиксировать их в открытом положении;

- ◆ возможность правильной установки блоков путем использования направляющих штифтов и пазов, а также маркировки всех сменных элементов, указывающих на их принадлежность к определенному блоку;

- ◆ возможность четкого различения разъемов и розеток путем их кодирования формой или цветом.

При организации рабочего места должны быть созданы условия для предупреждения неправильных действий (ошибок) оператора. С этой целью все основные и аварийные органы управления должны легко опознаваться (зрительно или на ощупь), между органами управления должно быть свободное пространство, позволяющее легко манипулировать ими без задевания соседних органов управления; переключенные органы управления дискретного типа должно сопровождаться хорошо слышимым щелчком; органы управления, случайное воздействие на которые недопустимо, должны иметь специальную защиту, снятие которой требует не менее двух движений.

Глава 2

УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА

2.1. Методы и функции управления

Управление охраной труда представляет собой деятельность государства по обеспечению конституционных прав граждан на здоровые и безопасные условия труда.

В общем виде механизм управления охраной труда включает в себя методы управления, функции (виды деятельности) и органы управления.

Методы управления — это способы воздействия на поведение и деятельность управляемых объектов с целью снижения производственного травматизма, общей и профессиональной заболеваемости путем создания безопасной и безвредной производственной среды.

Основными методами управления являются административные, экономические и социально-психологические.

Административные методы обеспечиваются государственным принуждением принятия трудоохранных мер всеми хозяйственными субъектами. Основными инструментами административного управления являются трудоохранное законодательство, система стандартов и других нормативных правовых актов, а также постановления и руководства, принимаемые государственными органами по охране труда. Административные методы управления предполагают также осуществление руководства организационно-хозяйственными мероприятиями по реализации проводимой государством трудоохранной политики. К таким мероприятиям относятся мониторинг состояния производственной среды на предприятиях и в отраслях, соблюдение трудоохранного законодательства, организация научно-исследовательских работ, обучение, международное сотрудничество и др.

Задача административных органов заключается в оказывании влияния на принятие решений работодателей, побуждении их как к выполнению намеченных программ в области охраны труда, так и к самостоятельному поиску наиболее эффективных средств по улучшению условий труда.

Экономические методы управления в широком смысле объединяют механизмы, создающие материальную заинтересованность работодателей в улучшении условий труда. Экономические методы предполагают использование стоимостных рычагов, к которым можно отнести компенсационные выплаты за несчастные случаи, травматизм и заболеваемость, связанные с условиями труда; штрафы за нарушение трудового законодательства и риски травмирования; льготное налогообложение, льготное кредитование, субсидирование и др.

Таким образом, в условиях реформирования экономики, перехода к рыночным отношениям степень вмешательства государственных структур в хозяйственную деятельность производителей должна снижаться. В рыночной экономике управление осуществляется в большей степени на уровне производства и сводится к инспектированию условий труда и контролю реализации государственной политики в области охраны труда на местах. В этих условиях ставится задача ввода в действие нового хозяйственного механизма организации производства и благоприятной производственной среды на основе применения преимущественно экономических методов управления в сочетании с правовыми и воспитательными мерами.

Социально-психологические методы — это методы морального стимулирования, которые реализуются посредством мер как поощрительного, так и принудительного характера путем воздействия на нарушителей трудового законодательства.

Управление охраной труда предполагает осуществление ряда специфических функций, т. е. видов деятельности, воздействующих на отношение работодателей к условиям труда.

2.2. Современное состояние государственного управления охраной труда в Беларуси

В Республике Беларусь в рамках действующей системы государственного управления охраной труда осуществлен комплекс мер, направленных на обеспечение конституционных прав граждан на здоровые и безопасные условия труда.

К этим мерам можно отнести принятие законодательных актов по производственной безопасности, техническому нормированию и стандартизации, сертификации продукции, работ и услуг на соответствие их требованиям безопасности жизнедеятельности человека.

Так, принята и реализуется Республиканская целевая программа по улучшению условий и охраны труда на 2006–2010 гг. Введено обяза-

тельное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, направленное на обеспечение более эффективной социальной защиты потерпевших вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, стимулирование нанимателей к созданию безвредных и безопасных условий труда.

Кроме того, создана система государственного надзора и контроля и общественного контроля за соблюдением законодательства о труде, образован координационный совет органов государственного надзора и контроля и общественного контроля за соблюдением законодательства о труде и об охране труда при Министерстве труда и социальной защиты.

Государственное управление охраной труда осуществляется на принципах социального партнерства в рамках соглашений на республиканском, отраслевом и местном уровнях.

Также проводится работа по переподготовке и повышению квалификации руководителей и специалистов в области охраны труда. Создана система проверки знаний по этим вопросам на всех уровнях управления.

Важным этапом в совершенствовании государственного управления охраной труда стало принятие Президентом Республики Беларусь директивы «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины» (2004). В соответствии с директивой внесены изменения и дополнения в нормативные правовые акты по вопросам заключения и расторжения контрактов. Показатели состояния трудовой и исполнительской дисциплины, безопасности труда определены в качестве важнейших критериев оценки работы руководителей всех уровней. Директива способствует повышению ответственности субъектов государственного управления, нанимателей, профсоюзов и работников за соблюдением требований охраны труда.

В то же время из-за неудовлетворительных условий труда, использования морально и физически изношенного оборудования, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости общество несет, как уже отмечалось, значительные социальные и экономические потери.

Развитие рыночных отношений в республике требует дальнейшего совершенствования государственного управления охраной труда и в первую очередь внедрения экономических механизмов и методов управления и прогнозирования в этой сфере, а также включения системы управления охраной труда в общую систему управления производством.

2.3. Основные принципы и направления государственной политики в области охраны труда в Республике Беларусь

С учетом основных направлений социально-экономической политики на 2006–2010 гг. разработана Концепция национальной безопасности Республики Беларусь. Она основывается на положениях Конституции Республики Беларусь, Трудового кодекса Республики Беларусь, Конвенции Международной организации труда «О безопасности и гигиене труда в производственной среде» (1981 г. Ст. 155), ратифицированной Законом Республики Беларусь «О ратификации Конвенции МОТ от 1981 г. №155» (1999).

Ратификация Конвенции означает признание Республикой Беларусь необходимости разработки на государственном уровне, с учетом международного опыта, национальной политики в области охраны труда и создание необходимых механизмов ее реализации как на национальном уровне, так и на уровне организаций.

Концепция государственного управления охраной труда определяет, что основными принципами государственной политики в области охраны труда являются обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам трудовой деятельности, обеспечение гарантий права работников на охрану труда, установление обязанностей всех субъектов и правоотношений в области охраны труда, полной ответственности нанимателей за обеспечение здоровья и безопасных условий труда, совершенствование правоотношений и управления в этой сфере, включая внедрение экономического механизма обеспечения охраны труда.

К основным направлениям реализации задач государственного управления охраны труда относятся:

- ♦ разработка и принятие законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда, технических нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда;
- ♦ разработка и реализация целевых программ по улучшению условий и охраны труда;
- ♦ создание систем управления охраной труда на всех уровнях, обеспечивающих профилактическую направленность деятельности в этой сфере;
- ♦ разработка научно обоснованных методов оценок и прогнозирования рисков гибели и травмирования работников по отраслям и сферам деятельности;

- ◆ экономическое стимулирование создания безопасных условий труда, разработки и внедрения безопасных техники и технологий, производство средств индивидуальной и коллективной защиты работников;
- ◆ упорядочение предоставления компенсаций по условиям труда;
- ◆ организация научно-исследовательских работ по вопросам безопасности и гигиены труда;
- ◆ обучение и повышение квалификации работников по вопросам охраны труда, подготовка специалистов по охране труда;
- ◆ обеспечение законных интересов потерпевших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- ◆ финансовое обеспечение охраны труда;
- ◆ создание условий для социального партнерства в сфере охраны труда, содействие общественному контролю за соблюдением законодательства об охране труда;
- ◆ международное сотрудничество в области охраны труда.

2.4. Органы управления государственной системой охраны труда в Республике Беларусь и их функции

Государственное управление охраной труда на различных уровнях осуществляется следующими субъектами:

- ◆ на республиканском уровне — Правительством Республики Беларусь или уполномоченными им республиканскими органами государственного управления в сфере труда;
- ◆ на отраслевом уровне — республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь;
- ◆ на территориальном уровне — местными исполнительными и распорядительными органами.

На республиканский орган государственного управления в сфере труда возлагаются следующие функции:

- ◆ координация деятельности субъектов социального партнерства по реализации целей, задач и направлений государственного управления охраной труда;
- ◆ осуществление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде в организациях, независимо от организационно-правовых форм;
- ◆ осуществление мониторинга состояния условий и охраны труда, внесение предложений Правительству Республики Беларусь по решению проблем совершенствования государственного управления охраной труда;

- ◆ разработка республиканских целевых программ по улучшению условий и охраны труда, осуществление контроля за ходом их выполнения.

На республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, возлагаются в пределах их компетенции следующие функции:

- ◆ анализ причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда, а также оценка уровней рисков гибели и травмирования работников, разработка мероприятий по решению проблем безопасности и гигиены труда, характерных для отрасли;

- ◆ разработка и принятие нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, содержащих требования по охране труда;

- ◆ разработка отраслевых систем управления охраной труда и обеспечение их функционирования;

- ◆ принятие целевых программ по улучшению условий и охраны труда, организация их финансирования и выполнения;

- ◆ организация обучения, повышения квалификации и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов организаций;

- ◆ осуществление контроля за соблюдением требований по охране труда в организациях и др.

В функции местных исполнительных и распорядительных органов входят:

- ◆ анализ причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, результатов аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда, оценка уровней рисков гибели и травмирования работников в организациях государственной и частной форм собственности, разработка мероприятий по решению проблем безопасности и условий труда;

- ◆ подготовка и реализация территориальных целевых программ по улучшению условий и охраны труда, организация финансирования предусмотренных в них мероприятий;

- ◆ создание территориальных систем управления охраной труда, содействие внедрению системного подхода к управлению охраной труда в организациях;

♦ осуществление контроля за соблюдением требований по охране труда в организациях и др.

Конечной целью государственной системы управления охраной труда является снижение социальных и экономических потерь, обусловленных заболеваемостью и травматизмом на производстве.

2.5. Система управления охраной труда на предприятии

Обеспечение здоровых и безопасных условий труда на рабочих местах осуществляется с помощью системы управления охраной труда, представляющей собой подготовку, принятие и реализацию решений, включающих правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

Объектом управления охраной труда на предприятии является деятельность структурных подразделений, функциональных служб и отдельных работников по обеспечению безопасных и здоровых условий труда на рабочих местах, производственных участках и предприятии в целом.

Органами управления охраной труда являются службы руководителя предприятия (главного инженера, технического директора и др.) и руководителей производственных подразделений и служб предприятия.

Организационно-методическую работу по управлению охраной труда, подготовку управленческих решений и контроль за их выполнением осуществляет служба охраны труда (отдел, бюро и др.), непосредственно подчиняющаяся руководителю предприятия (главному инженеру, техническому директору и др.).

Правовой основой системы управления охраной труда (СУОТ) являются законодательство о труде, нормативные правовые акты, технические нормативные правовые акты, содержащие требования по охране труда.

Нормальное функционирование и совершенствование СУОТ возможно при наличии объективной информации о состоянии условий труда на отдельных рабочих местах, участках и предприятии в целом.

Отклонения от требований охраны труда устанавливаются с помощью функции контроля, а устранение причин отклонений является функцией регулирования (управления).

Управление охраной труда на предприятии включает в себя решение задач, позволяющих нанимателю реализовать свои обязанности по обеспечению требований охраны труда в соответствии с законодательством.

2.6. Правовое регулирование охраны труда

2.6.1. Законодательные и нормативные акты

Правовой основой охраны труда является совокупность государственных мероприятий, закрепленных в правовых нормах (законах и подзаконных актах) и осуществляемых в целях улучшения условий труда и быта людей, сокращения производственного травматизма, общих и профессиональных заболеваний.

Основу современного законодательства в области охраны труда в Республике Беларусь составляют Конституция Республики Беларусь, Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны труда, Трудовой кодекс и др.

В трудовом законодательстве указывается, что государственная политика Республики Беларусь в области охраны труда направлена на обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам трудовой деятельности.

Проектирование, строительство и реконструкция производственных зданий и сооружений, разработка и производство средств производства, внедрение новой техники и технологий, в том числе приобретенных за границей, которые не соответствуют требованиям охраны труда, запрещаются.

Согласно законодательству проекты строящихся и реконструируемых предприятий и производств подлежат обязательной экспертизе на соответствие их требованиям охраны труда.

Опытные виды оборудования и технологии подлежат государственным испытаниям на соответствие требованиям охраны труда.

Машины, механизмы, технологические линии и другие средства производства не могут быть приняты в эксплуатацию без наличия сертификата (свидетельства) безопасности.

Производство работ и эксплуатация средств производства, использование сырья и материалов, которые не отвечают требованиям охраны труда и создают угрозу жизни и здоровью работников, подлежат приостановке государственными органами надзора и контроля до приведения их в соответствие с требованиями охраны труда.

Ряд положений по охране труда отражен в нормативных документах (нормы, правила, решения и постановления местных органов влас-

ти, приказы и инструкции министерств, ведомств) и других подзаконных актах и стандартах.

По сфере действия подзаконные акты, нормы и правила подразделяются на общие (единые), межотраслевые и отраслевые.

Нормы и правила конкретизируют требования безопасности. На их основании нанимателем с участием профсоюзов разрабатываются и утверждаются инструкции по охране труда (технике безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности), обязательные для рабочих и служащих, устанавливающие правила выполнения работ и поведения в производственных помещениях и на промышленных площадках. Работники обязаны также соблюдать установленные требования обращения с машинами и механизмами.

Министерствами, государственными комитетами, ведомствами с участием республиканских органов профсоюзов, а в необходимых случаях и с соответствующими органами государственного надзора могут утверждаться типовые инструкции по охране труда для работников основных профессий.

Систематизированное изложение норм безопасности приводится в Системе стандартов безопасности труда (ССБТ) — комплексе взаимосвязанных стандартов, направленных на упорядочение и повышение технического уровня нормативно-технических документов по обеспечению безопасности. Система стандартов безопасности труда представляет собой свод норм и правил в области безопасности труда.

Стандарты безопасности, гигиенические нормы, санитарные нормы и правила устанавливают требования и нормы безопасности по видам опасных и вредных производственных факторов, общие требования безопасности к производственному оборудованию, производственным процессам, средствам защиты работающих и методы оценки безопасности труда.

2.6.2. Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде

Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде осуществляют:

- ◆ специально уполномоченные государственные органы и инспекции, в том числе Государственная инспекция по труду и социальной защите населения;
- ◆ местные органы власти, их исполнительные и распорядительные органы;

- ◆ министерства, государственные комитеты и ведомства в отношении подчиненных им предприятий, организаций;

- ◆ генеральный прокурор и подчиненные ему прокуроры.

Общественный контроль за соблюдением законодательства о труде имеют право осуществлять профсоюзы. Государственный орган или наниматель обязаны рассмотреть представление профсоюза об устранении нарушений законодательства о труде и в течение месяца уведомить профсоюз о результатах рассмотрения.

Постоянный контроль за соблюдением работниками всех требований инструкций по охране труда возлагается на нанимателя.

Должностные лица, виновные в нарушении законодательства о труде, в невыполнении обязательств по коллективным договорам и соглашениям по охране труда, несут дисциплинарную (замечание, выговор, строгий выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность), административную (штрафы), материальную и уголовную ответственность.

2.6.3. Обязанности нанимателя в области охраны труда

Согласно Трудовому кодексу наниматель обязан создавать работникам предприятий, учреждений и организаций безвредные и безопасные условия труда, внедрять новейшие средства и технологии, обеспечивающие соблюдение норм и правил по охране труда.

Требованиям, обеспечивающим здоровые и безопасные условия труда, должны отвечать производственные здания, сооружения, оборудование и технологические процессы.

Эти требования включают рациональное использование территории и производственных помещений, правильную эксплуатацию оборудования и организацию технологических процессов, защиту работающих от воздействия опасных и вредных факторов в производственных помещениях и на рабочих местах в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и правилами, устройство санитарно-бытовых помещений.

Ни одно предприятие, цех, участок, производство не могут быть приняты и введены в эксплуатацию, если на них не обеспечены здоровые и безопасные условия труда, и ни один образец новой машины, механизма и другого производственного оборудования не может быть передан в производство, если он не отвечает требованиям охраны труда.

Администрация (наниматель) с участием профсоюзов, а также представителей других органов обязана своевременно и правильно проводить расследование и учет несчастных случаев на производстве.

На основе материалов расследования и учета несчастных случаев наниматель обязан своевременно принимать необходимые меры для устранения причин, вызывающих несчастные случаи.

Средства и необходимые материалы для проведения мероприятий по охране труда расходовать на другие цели запрещается.

Порядок использования указанных средств и материалов определяется в коллективных договорах или соглашениях по охране труда, которые заключаются администрацией предприятия и профсоюзным комитетом, выступающим от имени трудового коллектива предприятия.

На работах с вредными условиями труда, а также на работах, проводимых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам выдаются бесплатно по установленным нормам специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты.

Администрация (наниматель) обязана обеспечивать хранение, стирку, дезинфекцию, дегазацию, дезактивацию и ремонт выданных работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

На работах, связанных с загрязнением, работникам выдаются бесплатно по установленным нормам мыло, моющие средства. На работах с особо вредными условиями работающие должны обеспечиваться лечебно-профилактическим питанием. Работники горячих цехов должны обеспечиваться газированной соленой водой.

При выполнении работ в холодное время года на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях администрация обязана оборудовать помещения для обогрева и отдыха работников.

Работники, занятые на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда, проходят обязательные предварительные при поступлении на работу или периодические (лица в возрасте до 21 года — ежегодные) медицинские осмотры для определения пригодности их к поручаемой работе и предупреждения профессиональных заболеваний.

Работников, нуждающихся по состоянию здоровья в предоставлении более легкой работы, администрация обязана перевести с их согласия на такую работу с сохранением прежнего среднего заработка в течение двух недель со дня перевода.

Работникам, временно переведенным на нижеоплачиваемую работу в связи с увечьем или иным повреждением здоровья, связанным с работой, наниматели, ответственные за повреждение здоровья, выплачивают разницу между прежним и новым заработком. Такая разница выплачивается до восстановления трудоспособности или установления стойкой утраты трудоспособности либо инвалидности.

Работники, заболевшие на месте работы, перевозятся в лечебные учреждения транспортными средствами или за счет нанимателя.

Наниматели несут материальную ответственность за ущерб, причиненный здоровью работников, связанный с исполнением ими своих трудовых обязанностей.

2.6.4. Инструктаж и обучение по вопросам охраны труда

По вопросам безопасности должны проводиться следующие виды инструктажей: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой.

Вводный инструктаж проводится для всех вновь поступающих на предприятие рабочих, инженерно-технических работников, служащих, командированных, учащихся для прохождения практики.

Первичный инструктаж проводится непосредственно на рабочем месте для всех принятых рабочих и инженерно-технических работников, а также переведенных с другого участка, с одной работы на другую, с одного вида оборудования на другой (и при временном переводе). О проведении инструктажа делается отметка в контрольном листе с росписью.

Повторный инструктаж проводится один раз в шесть месяцев по программе инструктажа на рабочем месте. О проведении повторного инструктажа инструктирующим делается запись в журнале учета проведения инструктажей с подписями проводившего и получившего инструктаж.

Внеплановый инструктаж проводится в следующих случаях:

- ◆ при изменении правил по охране труда;
- ◆ при изменении технологического процесса;
- ◆ при замене и модернизации оборудования, средств защиты и т. п.;
- ◆ при нарушении работниками правил, а также после длительного перерыва в работе.

О проведении внепланового инструктажа делается запись в журнале учета инструктажей с отметкой о причине его проведения и подписании проводившего и получившего инструктаж.

Целевой инструктаж проводится с работниками перед производством работ, на которые оформляется наряд-допуск. Его проведение фиксируют в наряде-допуске. Целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ (погрузочно-разгрузочные работы, сельскохозяйственные работы, работы по ликвидации аварий, катастроф и т. п.).

К проведению работ на оборудовании и технологиях повышенной опасности допускается персонал, прошедший специальное обучение и

проверку знаний в области безопасности с выдачей удостоверения на право допуска к таким работам и оборудованию.

Руководители и специалисты проходят проверку знаний по охране труда не позднее чем через месяц после поступления на работу или на должность.

Переаттестацию в области безопасности административно-технический персонал проходит не реже одного раза в три года.

2.6.5. Экспертиза безопасности оборудования и технологических процессов

Безопасность производственных процессов в основном определяется безопасностью технологического оборудования, которое должно обеспечивать безопасность работников при монтаже, вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований, предусмотренных эксплуатационной документацией. Все оборудование (машины, технические системы) должно быть травмо-, пожаро- и взрывобезопасным, не являться источником выделения паров, газов, пыли в количествах, превышающих установленные нормы, а генерируемые им вибрации, шум, ультра- и инфразвук, электромагнитные неионизирующие и ионизирующие излучения не должны превышать допустимые уровни.

Все технические устройства и системы должны иметь органы управления и отображения информации, соответствующие эргономическим требованиям, и располагаться таким образом, чтобы пользование ими не вызывало повышенной утомляемости. Органы управления должны находиться в зоне досягаемости оператора. Усилия, которые необходимо к ним прилагать, должны соответствовать физическим возможностям человека. Рукоятки, штурвалы, педали, кнопки и тумблеры должны быть спроектированы таким образом, чтобы были максимально удобны в использовании. Число и различие средств отображения информации должны учитывать возможности оператора по ее восприятию и не приводить к необходимости чрезмерной концентрации внимания.

Система управления оборудованием должна обеспечивать надежное и безопасное его функционирование при всех предусмотренных режимах работы и внешних воздействиях в условиях эксплуатации. Она должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работниками последовательности управляющих действий.

Основными требованиями безопасности к технологиям являются:

- ◆ устранение непосредственного контакта работников с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное воздействие;
- ◆ замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением травмоопасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или имеют меньшую интенсивность;
- ◆ комплексная механизация и автоматизация производства, применение дистанционного управления процессами и операциями при наличии травмоопасных и вредных производственных факторов;
- ◆ герметизация оборудования и всего технологического процесса;
- ◆ использование системы контроля и управления технологическим процессом, обеспечивающим защиту работников и аварийное отключение технологического оборудования;
- ◆ своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, обеспечение пожаровзрывобезопасности.

Экспертиза безопасности оборудования и техпроцессов должна производиться как на этапе проектирования, так и перед производством и внедрением.

Экспертиза оборудования и техпроцессов, имеющих аналоги, осуществляется на основании расчетной оценки полученных величин с предельно допустимыми значениями. При создании опытных образцов определяется фактическое значение этих факторов. Если же данные значения превышают допустимые величины, производится доработка оборудования за счет введения соответствующих средств защиты или повышения их эффективности.

2.6.6. Аттестация рабочих мест по условиям труда

Аттестации рабочих мест по условиям труда подлежат все предприятия, учреждения, организации и другие субъекты хозяйствования независимо от форм собственности. Аттестация осуществляется с целью регулирования отношений между нанимателем и работниками по реализации права на здоровые и безопасные условия труда. Она предусматривает выявление на рабочих местах вредных и опасных производственных факторов, формирующих неблагоприятные условия труда, установление причин их возникновения, оценку технического и организационного уровня на их соответствие нормативным правовым актам, исследование санитарно-гигиенических факторов производственной среды, сложности и напряженности трудового процесса, разработ-

ку мероприятий по улучшению условий труда, определение права работника на пенсию по возрасту, установление за счет средств предприятия доплат, льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда и др.

Результаты аттестации используются при разработке мероприятий по улучшению условий труда, которые могут включаться в коллективный договор или соглашение по охране труда.

2.6.7. Расследование и учет несчастных случаев на производстве

Расследованию подлежат несчастные случаи, произошедшие:

- ◆ на территории предприятия (учреждения), т. е. нанимателя, или в ином месте при условии, что потерпевший совершал там действия в интересах нанимателя;
- ◆ при следовании к месту работы или с работы на транспорте, предоставленном нанимателем;
- ◆ на личном транспорте, используемом в интересах нанимателя с его согласия или по его распоряжению (поручению);
- ◆ на транспорте общего пользования или ином транспорте, а также при следовании пешком при передвижении между объектами обслуживания либо выполнении поручения нанимателя;
- ◆ при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик, проводник и т. п.);
- ◆ при выполнении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий;
- ◆ при участии в общественных работах безработных граждан, зарегистрированных в государственной службе занятости.

Хронические и острые профессиональные заболевания (отравления) расследуются специалистами системы здравоохранения.

Организация расследования несчастного случая. При несчастном случае на производстве работающие обязаны принять меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказать потерпевшему первую помощь, вызвать на место происшествия медицинских работников или обеспечить доставку потерпевшего в учреждение здравоохранения, сообщить о происшествии руководителю работ (структурного подразделения) или иному должностному лицу. Руководитель работ (структурного подразделения) или иное должностное лицо обязано:

- ◆ немедленно организовать оказание первой помощи потерпевшему, вызвать медицинских работников на место происшествия либо доставку потерпевшего в организацию здравоохранения;

- ◆ принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;

- ◆ обеспечить до начала расследования сохранение обстановки, какой она была на момент происшествия несчастного случая, а если это угрожает жизни и здоровью работников, других лиц и может привести к аварии — фиксирование обстановки;

- ◆ сообщить нанимателю о произошедшем несчастном случае.

Наниматель, получив сообщение о несчастном случае, обязан:

- ◆ направить в течение суток в организацию здравоохранения запрос о тяжести травмы потерпевшего;

- ◆ информировать о несчастном случае на производстве родственников потерпевшего и профсоюз (иной представительный орган работников);

- ◆ обеспечить расследование несчастного случая на производстве и его учет.

Наниматель, у которого произошел несчастный случай с работником другого нанимателя, в течение суток должен сообщить о происшествии нанимателю потерпевшего.

Наниматель обеспечивает лицам, занятым расследованием несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, необходимые условия для работы: предоставляет помещение, транспорт, средства связи, специальную одежду, специальную обувь, другие средства индивидуальной защиты; оплачивает расходы, связанные с проведением расследования несчастного случая на производстве или профессионального заболевания; организует оформление и учет несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, а также разработку и реализацию мероприятий по их профилактике.

При специальном расследовании группового несчастного случая, несчастного случая со смертельным исходом, несчастного случая с тяжелым исходом или профессионального заболевания наниматель издает приказ (распоряжение) о выполнении мероприятий по устранению причин несчастного случая или профессионального заболевания, привлечении к ответственности лиц, допустивших нарушения законодательства о труде и охране труда.

О выполнении мероприятий по устранению причин несчастного случая или профессионального заболевания наниматель сообщает органам, проводившим специальное расследование.

Контроль за правильным и своевременным расследованием, оформлением и учетом несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также выполнением мероприятий по устранению их причин осуществляют республиканские органы государственного управления и иные государственные организации. Потерпевший или лицо, представляющее интересы потерпевшего, вправе ознакомиться с документами расследования несчастного случая или профессионального заболевания и получать их копии.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве. Расследование несчастных случаев на производстве (кроме групповых, со смертельным исходом, тяжелым исходом) проводится уполномоченным должностным лицом нанимателя с участием уполномоченного представителя профсоюза (иного представительного органа работников), специалиста по охране труда или другого специалиста, на которого возложены эти обязанности (заместителя руководителя, ответственного за организацию охраны труда). При необходимости для участия в расследовании могут приглашаться соответствующие специалисты иных организаций.

Расследование несчастного случая должно быть проведено в срок не более трех рабочих дней. В этот срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз, получения заключений специализированных органов и других документов.

При расследовании несчастного случая проводится обследование состояния условий труда на месте происшествия несчастного случая.

После завершения расследования уполномоченное должностное лицо нанимателя с участием указанных лиц оформляет акт о несчастном случае на производстве формы Н-1 в трех экземплярах. Если на основании документов установлено, что несчастный случай произошел при совершении потерпевшим проступка, содержащего признаки уголовно наказуемого деяния либо административного правонарушения, в результате умышленных действий по причинению вреда своему здоровью или обусловлен исключительно состоянием здоровья потерпевшего, то такой случай оформляется актом о непроизводственном несчастном случае (происшествии) формы НП в трех экземплярах. К несчастным случаям, обусловленным исключительно состоянием здоровья потерпевшего, на основании заключения организации здравоохранения, судебно-медицинской экспертизы могут быть отнесены случаи, вызванные судорожными расстройствами сознания, острым психическим расстройством (реактивный невроз, стресс, острый психоз) потерпевшего, эпилепсией, инфарктом миокарда, инсультом и други-

ми внезапно возникшими состояниями, связанными с расстройством координации движения и отсутствием способности контролировать свое поведение.

Решение об оформлении таких случаев (происшествий) актом формы НП принимается в том случае, если в ходе расследования не будут выявлены организационные, технические, санитарно-гигиенические, психофизиологические и иные причины, а также факторы производственной среды и трудового процесса, оказавшие влияние на состояние здоровья потерпевшего.

Акты формы Н-1 или НП с прилагаемыми к одному из экземпляров акта протоколами опросов, объяснениями потерпевшего, свидетелей, должностных лиц, планами, схемами, фотоснимками, медицинскими заключениями и другими документами, характеризующими место, где произошел несчастный случай, с указанием допущенных нарушений требований законодательства о труде и охране труда, нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов направляются нанимателю для рассмотрения и утверждения.

Наниматель в течение двух рабочих дней после окончания расследования обязан рассмотреть документы расследования, утвердить акт формы Н-1 или формы НП и зарегистрировать его в журнале регистрации несчастных случаев на производстве или в журнале регистрации непроизводственных случаев.

По одному экземпляру акта формы Н-1 или формы НП в трехдневный срок после их утверждения наниматель направляет потерпевшему или лицу, представляющему его интересы, государственному инспектору труда, специалисту по охране труда или специалисту, на которого возложены его обязанности (заместителю руководителя, ответственного за организацию охраны труда), с документами расследования. Наниматель в этот же срок направляет копии акта формы Н-1 или формы НП руководителю подразделения, где работает либо работал потерпевший, профсоюзу (иному представительному органу работников), органу государственного специализированного надзора, если случай произошел на подконтрольном ему предприятии (объекте), вышестоящей организации (по ее требованию).

Акт формы Н-1 или формы НП с документами расследования хранится в течение 45 лет у нанимателя, у которого взят на учет несчастный случай.

При прекращении деятельности нанимателя акты формы Н-1 или формы НП с документами расследования передаются правопреемни-

ку, а при его отсутствии — в государственный архив для дальнейшего хранения.

Несчастный случай на производстве, который не вызвал у потерпевшего потерю трудоспособности или необходимость перевода на другую (более легкую) работу, учитывается нанимателем в журнале учета микротравм.

Несчастный случай с работником, направленным нанимателем для выполнения его задания либо для исполнения должностных обязанностей к другому нанимателю, расследуется нанимателем, у которого произошел несчастный случай, с участием уполномоченного представителя нанимателя, направившего работника.

Специальное расследование несчастных случаев на производстве. Специальному расследованию подлежат:

- ◆ групповые несчастные случаи, произошедшие одновременно с двумя и более работниками, независимо от тяжести полученных травм;
- ◆ несчастные случаи со смертельным исходом;
- ◆ несчастные случаи с тяжелым исходом.

Тяжесть производственных травм определяется организациями здравоохранения в соответствии с нормативными правовыми актами Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

О групповом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом наниматель немедленно сообщает:

- ◆ прокуратуре по месту, где произошел несчастный случай;
- ◆ территориальному структурному подразделению Департамента государственной инспекции труда;
- ◆ профсоюзу (ам) (иному представительному органу работников);
- ◆ вышестоящей организации, а при ее отсутствии — местному исполнительному и распорядительному органу, где зарегистрирован наниматель;
- ◆ организации, направившей работника к нанимателю;
- ◆ территориальному органу государственного специализированного надзора, если несчастный случай произошел в организации (на объекте), подконтрольной этому органу.

О несчастных случаях с тяжелым исходом наниматель информирует указанные органы после получения заключения организации здравоохранения о степени тяжести травмы потерпевшего.

О несчастном случае, при котором погибли два или более работника, главный государственный инспектор труда Республики Беларусь сообщает Правительству Республики Беларусь. Если такой случай произо-

шел в организации (на объекте), подконтрольной органу государственного специализированного надзора, то об этом Правительству Республики Беларусь сообщает также руководитель указанного органа.

Территориальное структурное подразделение Департамента государственной инспекции труда, орган государственного специализированного надзора после получения сообщения о несчастном случае, подлежащем специальному расследованию, направляют своих представителей на место происшествия.

Специальное расследование несчастного случая проводит государственный инспектор труда с участием уполномоченного должностного лица нанимателя, представителя профсоюза (иного представительного органа работников), вышестоящей организации (местного исполнительного и распорядительного органа).

Специальное расследование группового несчастного случая, при котором погибли два–четыре человека, проводится главным образом государственным инспектором труда области (г. Минска) с участием лиц, указанных выше.

Расследование несчастного случая, при котором погибли пять и более человек (если по этому поводу не было специального решения Правительства), проводится главным государственным инспектором труда Республики Беларусь.

Специальное расследование проводится (включая оформление и рассылку документов) в срок не более 10 дней со дня получения сообщения о происшествии. Указанный срок может быть продлен главным государственным инспектором труда области на 10 рабочих дней и более.

По результатам специального расследования государственным инспектором труда составляется и подписывается заключение о несчастном случае. Лица, участвующие в расследовании, удостоверяют свое участие в расследовании подписями на заключении. При несогласии с содержанием заключения указанные лица излагают свое особое мнение по данному вопросу, которое прилагается к документам расследования. В соответствии с заключением наниматель в течение суток составляет акты формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего и утверждает их.

Документы специального расследования включают:

- ◆ заключение государственного инспектора труда органа государственного специализированного надзора или государственного инспектора труда о несчастном случае с приложением к нему копии актов формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего;
- ◆ протокол осмотра места происшествия несчастного случая;

- ◆ планы, схемы (эскизы) и фотоснимки места происшествия;
- ◆ протоколы опросов, объяснения потерпевшего, свидетелей, работников, должностных и иных лиц;
- ◆ копии выписки документов о прохождении потерпевшим обучения, инструктажей и проверке знаний по вопросам охраны труда, медицинских осмотров, получения специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты;
- ◆ медицинские заключения о характере и тяжести травмы, причинах смерти потерпевшего, а также о нахождении потерпевшего в состоянии алкогольного или токсического опьянения и др.

2.6.8. Методы изучения и анализа причин производственного травматизма

Основными задачами анализа травматизма являются:

- ◆ выявление причин и повторяемости несчастных случаев;
- ◆ установление наиболее опасных видов работ;
- ◆ определение факторов, влияющих на несчастные случаи, и др.

При анализе причин производственного травматизма могут использоваться различные методы, основанные на материалах статистики (собственно статистический, групповой, топографический, экономический и др.), и методы, основанные на результатах технического обследования (лабораторный или технический, монографический и др.).

Статистический метод основан на изучении причин травматизма по актам формы Н-1 за определенный период времени. Этот метод позволяет определить динамику травматизма, выявить закономерности и связи между обстоятельствами и причинами возникновения несчастных случаев.

Для оценки уровня травматизма используются относительные статистические показатели (коэффициенты) частоты, тяжести и коэффициент общего травматизма на предприятиях.

Коэффициент частоты травматизма $K_{\text{ч}}$ определяется числом несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный календарный период (год, квартал):

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000,$$

где T — число несчастных случаев за конкретный период; P — среднесписочное число работающих.

Коэффициент тяжести травматизма $K_{\text{т}}$ характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_r = \frac{D}{T},$$

где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Коэффициент общего травматизма на предприятии $K_{\text{общ}}$, характеризующий количество дней нетрудоспособности, которые теряют каждые 1000 работников за отчетный период, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{ч}} \cdot K_r = \frac{D}{T} \cdot 1000.$$

Групповой метод анализа позволяет распределить несчастные случаи по видам работ, опасным и вредным производственным факторам, сведениям о пострадавших (возраст, пол, стаж работы и др.), данным о времени происшествия (месяц, день, смена, час рабочего дня).

Топографический метод состоит в изучении причин несчастных случаев по месту их происшествия на предприятии. При этом все несчастные случаи систематически наносятся условными знаками на планы предприятия или цехов (отделов), в результате чего образуется топограмма, на которой наглядно видны рабочие участки и места с повышенной травмоопасностью.

Экономический метод заключается в определении потерь, вызванных производственным травматизмом, и в оценке социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению несчастных случаев.

Монографический метод изучения травматизма состоит в детальном исследовании всего комплекса условий труда, где произошел несчастный случай, технологического процесса, рабочего места, оборудования, средств защиты и др. При этом широко применяются технические (лабораторные) способы и средства исследования.

Монографический метод позволяет выявить не только истинные причины произошедших несчастных случаев, но и причины, которые могут привести к травматизму, т. е. прогнозировать уровень травматизма на том или ином производстве.

2.6.9. Ответственность работников и нанимателя за нарушения законодательства по охране труда

Работники, виновные в нарушении законодательства о труде, в невыполнении обязательств по коллективным договорам и согла-

шениям по охране труда могут привлекаться к дисциплинарной, административной, уголовной, материальной и другим видам ответственности.

Дисциплинарная ответственность определяется правилами внутреннего трудового распорядка либо коллективным договором или соглашением и заключается в виде следующих мер дисциплинарного взыскания: замечание, выговор, увольнение. Кроме того, независимо от принятых мер дисциплинарного взыскания к виновным могут применяться и такие меры, как лишение премий, изменение времени предоставления трудового отпуска и др.

Административная ответственность заключается в наложении штрафов на должностных лиц, виновных в нарушении законодательства о труде. Размер штрафа устанавливается инспекторами органов надзора и контроля (Государственной инспекцией труда, Проматомнадзора, Саннадзора, Пожарнадзора, Госинспекцией и др.) в пределах 10 минимальных заработных плат.

К нанимателю могут быть применены и другие санкции. Например, за неиспользование или ненадлежащее использование обязанностей по созданию работникам здоровых и безопасных условий труда, по внедрению средств и технологий, обеспечивающих соблюдение санитарно-гигиенических норм по охране труда, — штраф в размере от 2 до 6 минимальных заработных плат; за нарушение правил по охране труда, повлекшее причинение телесных повреждений, инвалидность работника или несчастный случай со смертельным исходом, — штраф.

Право применять подобные санкции предоставлено главному государственному инспектору труда, его заместителям, начальникам управлений и отделов Департамента государственной инспекции труда.

Уголовная ответственность может быть применена к лицам, совершившим преступления в области охраны труда, в виде следующих наказаний: штраф, лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, арест, ограничение свободы и ее лишение.

Материальная ответственность работников за ущерб, причиненный нанимателю, может быть применима при наличии следующих условий: ущерба, причиненного нанимателю при выполнении трудовых обязанностей; противоправности поведения работника; прямой причинной связи между противоправным поведением работника и возникшим у нанимателя ущербом; вины работника в причинении ущерба.

Работник, причинивший ущерб, может добровольно возместить его полностью или частично.

Так как материальная ответственность является не наказанием, а возмещением ущерба, то не исключается возможность одновременно привлечения к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности.

Наниматель несет ответственность за вред, причиненный работникам в результате увечья, профессионального заболевания либо иных повреждений здоровья, связанных с исполнением ими своих трудовых обязанностей и произошедших как на территории нанимателя, так и за ее пределами, а также во время следования работника к месту работы или с работы на транспорте, предоставленном нанимателем.

Наниматель, ответственный за причинение вреда, обязан компенсировать сверх возмещения утраченного заработка дополнительные расходы, вызванные трудовым увечьем. Дополнительными, в частности, являются расходы на дополнительное питание, покупку лекарств, протезирование, уход за потерпевшим, санаторно-курортное лечение, приобретение специальных транспортных средств и др.

2.7. Экономический механизм управления охраной труда

Экономический механизм управления охраной труда представляет собой совокупность различных принципов, методов и средств материального стимулирования работодателей в создании безопасных и безвредных условий труда, повышении культуры производственной среды. Состав экономического механизма обеспечения достойных условий труда на производстве предусматривает методы как позитивной, так и негативной мотивации, в том числе планирование и финансирование трудоохранных мероприятий, взимание налога, возмещение ущерба работникам, предоставление льгот и компенсаций в зависимости от состояния производственной среды и др.

Целью экономических методов управления безопасностью и гигиеной труда является создание материальной заинтересованности организаторов производства, нанимателей в оптимизации производственной среды, сокращении производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

В условиях развития рыночной модели хозяйствования главным элементом экономического механизма обеспечения благоприятных условий труда должно стать ценовое или налоговое регулирование,

включающее в себя поощрительные меры в виде льготного налогообложения, льготного кредитования и субсидирования трудоохранных проектов, дотаций на приобретение более безопасного технического оборудования, безвредных технологий, премирования по результатам трудоохранной деятельности и др. В качестве мер принудительного характера могут использоваться штрафы за несоблюдение требований законодательства по охране труда, выплаты в виде возмещения нанесенного ущерба пострадавшим в результате несчастных случаев, льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда и др.

В последнее время в индустриально развитых странах с устойчивой рыночной экономикой применяются два вида экономических методов управления охраной труда: налоговое регулирование и рыночные механизмы.

Одним из последних нововведений является налог на травмы, хотя эта система была предложена Э. Чадуиком более полутора столетия тому назад. Налог на травмы многими экономистами рассматривается как самый прямой подход к созданию эффективного стимулирования, так как система штрафов не ограничивается рамками страхования, которое обеспечивает компенсационные выплаты работникам. Денежные средства, получаемые в результате этих налогов, могут использоваться для выплат работникам или для финансирования исследований и управления в области охраны труда.

Однако часто предписанные штрафы намного ниже полной стоимости последствий травмирования. Кроме того, налоги и штрафы обычно более регулярно используют в случаях с травмами из-за проблемы их идентификации и определения причинной связи с производством. Существенным недостатком этого подхода является и то, что системы штрафов вводятся в действие после получения работниками травм, а не до того, когда следует принимать превентивные (предупредительные) меры.

Первая система, включающая в себя страхование и регулирование, была разработана в Германии. Эта система обеспечивает субсидирование разработок, направленных на обеспечение охраны труда. Товарищества социального страхования помогают предприятиям внедрять такие технологии и поощряют их, устанавливая более низкие тарифы страховых взносов при инвестировании средств в охрану труда или претворение в жизнь изобретений, снижающих профессиональные риски ниже уровня, требуемого законодательством.

Важнейшую роль в экономическом стимулировании улучшения условий труда может играть государство как заказчик производства.

Это может использоваться для установления более высоких норм и стандартов в области охраны труда. Для оказания помощи предприятиям, желающим улучшить свои трудовые показатели с целью получения государственных контрактов, им может быть оказана финансовая поддержка со стороны государства.

2.7.1. Трудоохранные затраты

Все затраты на охрану труда или трудоохранные издержки по их экономической сущности можно подразделить на издержки предотвращения (предзатраты) и издержки, включающие прямые материальные потери, т. е. затраты на ликвидацию, нейтрализацию и компенсацию уже допущенных нарушений в области охраны труда (постзатраты).

К предзатратам относятся затраты на мероприятия по улучшению гигиены труда и повышению производственной безопасности (например, за счет совершенствования технологий, внедрения более безопасного оборудования и т. п.). К предзатратам также относятся расходы на обучение, повышение квалификации и переподготовку кадров по вопросам охраны труда, на научно-исследовательскую работу, разработку и внедрение новых технологий, разработку правовых, нормативно-методических документов и др.

Экономическим результатом предзатрат является снижение льготных и компенсационных выплат, связанных с неблагоприятными условиями труда. Вместе с тем предзатраты вызывают отрицательные экономические последствия, так как отвлекают значительную часть финансовых средств и увеличивают себестоимость продукции. В связи с этим представляется важным установление экономически обоснованного уровня предзатрат.

Постзатраты определяются величиной экономического ущерба, включающего прямые потери на ликвидацию, нейтрализацию и компенсацию уже допущенных нарушений законодательства об охране труда и требований нормативной документации по гигиене труда, ликвидацию негативных последствий несчастного случая, оплату льгот и компенсаций работникам, пострадавшим из-за несчастного случая, и др.

По времени реализации различают две категории затрат на улучшение условий труда и повышение его безопасности: капитальные и текущие, т. е. инвестиции в основной капитал и эксплуатационные издержки.

К капитальным вложениям относятся затраты на создание новых, реконструкцию и модернизацию действующих основных фондов для улучшения условий и охраны труда, а также совершенствования технологий и др.

Создание основных фондов, трудоохранного назначения влечет за собой необходимость текущих затрат, используемых в процессе эксплуатации капитальных фондов.

К текущим затратам относятся расходы на содержание и обслуживание основных фондов, оплату услуг, капитальный и текущий ремонт, энергетические отчисления и др.

При определении доли капитальных вложений и текущих расходов всегда возникают определенные трудности, особенно если осуществляемые мероприятия имеют многоцелевую направленность.

Затраты на мероприятия по охране труда с примерно равными значениями годовых эксплуатационных расходов и капитальных вложений по годам расчетного периода принято оценивать в виде приведенных затрат:

$$Z = C + E_{\text{н}} \cdot K,$$

где C — эксплуатационные расходы на мероприятия, руб./год; K — капитальные вложения, руб.; $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений ($E_{\text{н}} = \frac{1}{T}$, где T — срок окупаемости капитальных вложений). Величина нормативного коэффициента эффективности характеризует нижнюю границу эффективности капитальных вложений. В соответствии с «Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений» нормативный коэффициент сравнительной эффективности для народного хозяйства в целом установлен равным 0,12, при $T = 8,3$ года. Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности для мероприятий по охране труда установлен равным 0,08. Этим стимулируется внедрение крупных мероприятий, направленных на коренное улучшение условий труда.

При осуществлении долговременных мероприятий с изменяющимися во времени размерами эксплуатационных расходов и капитальных вложений суммарные затраты определяются с учетом фактора времени по выражению

$$Z_{\text{сум}} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t + C_t}{(1 + E_{\text{н}})^{(t-t_0)},}$$

где K_t — капитальные вложения в мероприятия в t -м году, руб.; C_t — годовые текущие расходы в t -м году, руб.; $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент приведения разновременных затрат, равный 0,1; t_0 — базовый момент времени, к которому приводятся затраты t -го года (в качестве

базового момента времени принимается либо начало, либо окончание соответствующего планового периода (год, пять лет), в котором будут осуществляться данные мероприятия по всем сравниваемым вариантам); t_0, T — соответственно год начала и год окончания планового периода.

2.7.2. Экономическая и социальная эффективность трудовых затрат

Экономическая эффективность затрат на охрану труда означает их результативность, т. е. соотношение затрат на трудовые мероприятия и полученный *экономический эффект* от этих мероприятий.

В общем случае полученная экономия материальных средств Θ_0 определяется как разница потерь из-за условий труда до проведения мероприятий Π_{T_1} и потерь после внедрения мероприятий спустя один год Π_{T_2} , т. е.:

$$\Theta_0 = \Pi_{T_1} - \Pi_{T_2}.$$

Для оценки фактической эффективности мероприятий по охране труда при планировании работ для обеспечения нормативных условий труда и экономического стимулирования сверхнормативного улучшения условий труда необходимо определение общей или *абсолютной эффективности трудовых затрат*.

Общую экономическую эффективность затрат трудового характера можно рассчитать как отношение объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект совокупных (приведенных) затрат:

$$\Theta_a = \frac{\Theta}{C + E_n \cdot K},$$

где Θ_a — общая эффективность затрат на улучшение условий труда; Θ — полный годовой эффект; C — текущие затраты; K — капитальные вложения, определившие эффект; E_n — норматив эффективности капитальных вложений.

Экономический эффект Θ , или результат трудовых затрат, представляет собой предотвращенный экономический ущерб и дополнительный доход от улучшения производственной деятельности в улучшенной производственной среде:

$$\Theta = \Pi + Д,$$

где Π — величина годового предотвращенного экономического ущерба от плохих условий труда; $Д$ — годовой прирост дохода от улучшения производственных результатов.

Величина годового предотвращенного экономического ущерба от плохих условий труда определяется по формуле

$$\Pi = Y_1 - Y_2,$$

где Y_1, Y_2 — величины ущерба до проведения трудоохранных мероприятий и остаточного ущерба после осуществления мероприятий соответственно.

Годовой прирост дохода D от улучшения производственных результатов может быть определен по формуле

$$D = \sum_{j=1}^n q_j \cdot z_j - \sum_{i=1}^m q_i \cdot z_i,$$

где q_i, q_j — количество продукции i -, j -го видов, полученных соответственно до и после улучшения условий труда; z_i, z_j — оценка единицы i -, j -й продукции.

Если же требуется определить эффективность капитальных вложений Θ_k в трудоохранные мероприятия, дающие ежегодный экономический эффект Θ_r , из этого эффекта следует вычесть годовые (текущие) затраты C , необходимые для содержания и обслуживания трудоохранных объектов, и полученную разность отнести к величине капиталовложений:

$$\Theta_k = \frac{\Theta_r - C}{K}.$$

Полученный в ходе расчетов показатель — коэффициент эффективности затрат сравнивается с нормативным показателем $E_n = 0,08$. Если $\Theta_k > E_n$, то капитальные вложения можно считать эффективными.

Величина, обратная показателю эффективности и характеризующая срок окупаемости капитальных вложений, вычисляется по формуле

$$T = \frac{K}{\Theta_r - C} = \frac{1}{\Theta_k}.$$

Полученный срок окупаемости капитальных вложений следует сравнить с нормативным $T_n = 12,5$ лет. Если он меньше нормативного, то капитальные вложения считаются эффективными.

Социальная эффективность — это та часть экономической эффективности, которая отражает экономический эффект затрат, связанных с нормализацией условий труда.

Социальная эффективность \mathcal{E}_c так же, как и общая экономическая эффективность, может быть определена отношением годового социального эффекта \mathcal{E} к совокупным трудоохранным затратам:

$$\mathcal{E}_c = \frac{\mathcal{E}}{C + E_{\text{н}} \cdot K},$$

где C — текущие затраты; K — капитальные вложения, определившие эффект; $E_{\text{н}}$ — норматив эффективности капитальных вложений ($E_{\text{н}} = 0,08$).

Хотя социальный эффект непосредственно не имеет стоимостной формы, вместе с тем улучшение условий труда сопровождается рядом экономических результатов: экономия затрат на социальное страхование, сокращение потерь продукции за дни невыхода на работу по болезни, повышение производительности труда и др.

Таким образом, в общем виде социальный эффект \mathcal{E} может быть определен через экономические показатели:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{с.с.}} + \mathcal{E}_{\text{з.л.}} + \mathcal{E}_{\text{ч.п.}} + \mathcal{E}_{\text{п.т.}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{с.с.}}$ — эффект от сокращения выплат из фонда социального страхования (по больничным листам); $\mathcal{E}_{\text{з.л.}}$ — эффект от сокращения затрат на лечение; $\mathcal{E}_{\text{ч.п.}}$ — эффект от сокращения потерь чистой продукции вследствие профессиональной заболеваемости работников; $\mathcal{E}_{\text{п.т.}}$ — эффект от повышения производительности труда вследствие улучшения гигиены и повышения безопасности труда.

Эффект от сокращения выплат социального страхования определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{с.с.}} = B \cdot V_{\text{н}} \cdot (P_1 - P_2),$$

где B — количество больных; $V_{\text{н}}$ — средний размер пособия (оплата больничных) на одного заболевшего; P_1 и P_2 — количество человеко-дней работы на одного работника до и после проведения трудоохранных мероприятий соответственно.

Эффект от сокращения затрат на лечение работников рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{з.л.}} = B_{\text{а}} \cdot D_{\text{а}} \cdot Z_{\text{а}} + B_{\text{с}} \cdot D_{\text{с}} \cdot Z_{\text{с}},$$

где $B_{\text{а}}$, $B_{\text{с}}$ — число больных, лечившихся соответственно амбулаторно и в стационаре от заболеваний, обусловленных условиями труда; $D_{\text{а}}$, $D_{\text{с}}$ — среднее количество дней лечения одного больного в поликлинике и стационаре; $Z_{\text{а}}$, $Z_{\text{с}}$ — средние затраты на лечение одного больного соответственно в поликлинике и стационаре.

Эффект от сокращения потерь чистой прибыли в результате заболеваемости вследствие неблагоприятных условий труда определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{ч.п.}} = B \cdot \Pi_{\text{ч}} \cdot (P_1 - P_2),$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ — чистая продукция на один человеко-день работы;

Эффект от роста производительности труда вследствие повышения культуры и безопасности труда рассчитывается по приросту чистой продукции:

$$D = \sum_{j=1}^u q_j \cdot z_j - \sum_{i=1}^m q_i \cdot z_i,$$

где q_p, q_j — количество продукции i, j -го видов, получаемых соответственно до и после осуществления мероприятий по улучшению условий труда; z_p, z_j — оценка единицы i, j -й продукции.

Социальные эффекты и показатели социальной эффективности используются в качестве дополнительных к показателям экономического эффекта и эффективности.

Опыт зарубежных стран показывает, что расходы на производственную среду не только социально оправданы, но и экономически эффективны. Кроме того, ценность трудоохранных инвестиций, как правило, значительно выше, чем предполагается изначально, и не только в связи со скрытой и долгосрочной выгодой для здоровья и благосостояния работников, но и в связи с тем, что использование различных новшеств позволяет одновременно повышать качество продукции, сокращать отходы и улучшать условия труда. В целом это является важным компонентом процесса экономического развития.

2.7.3. Экономическое стимулирование мероприятий по улучшению охраны и гигиены труда

Как уже отмечалось, ключевым моментом совершенствования системы охраны труда в условиях рыночной экономики является создание экономического механизма взаимодействия государства, работодателя и работника. К важнейшим из них относится механизм экономического стимулирования работодателей в создании достойных условий труда.

Экономические стимулы являются неотъемлемой частью комплекса мер, связанного с предупреждением производственного травматизма, заболеваемости работающих, улучшением производственной среды.

Применяемые в последнее время модели экономического стимулирования условий труда направлены на идентификацию профессиональных рисков и определение усилий по их снижению. Основными элементами модели экономического стимулирования условий труда являются:

- ◆ сокращение страхового взноса в системе обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве, особенно благодаря усилиям по снижению производственных рисков по сравнению с уровнями, установленными нормативными актами;
- ◆ установление полноразмерного взноса в зависимости от максимального совокупного риска (а не по среднему риску);
- ◆ возможность создания полномасштабных взносов за мероприятия различного характера по улучшению производственной среды.

Принципы и инструменты экономического стимулирования. Снижение себестоимости выпускаемой продукции на предприятии может быть получено разными путями, в том числе за счет сокращения налогов, разных типов субсидий, воздействия на наличный капитал, сокращения размеров страховых взносов, помощи в области маркетинга и др. Каждый из этих инструментов может быть использован и в негативном плане, т. е. в виде повышения налогов, размеров страховых взносов и т. д.

Одним из наиболее широко распространенных на западе видов стимулирования мероприятий по охране и гигиене труда является спонсирование (например, в виде налоговой скидки) государством (правительством) приобретения предприятием более безопасного технологического оборудования, а также машин и агрегатов, которые могут обеспечить лучшие условия труда. В Европейском союзе существует множество различных систем налоговых скидок.

Наличие средств (капитала) для трудоохранных инвестиций может быть проблемой для большинства малых и средних предприятий, поэтому в подобных случаях может применяться система предоставления кредитов без или с ограниченной гарантией («рисковый капитал») предприятиям, которые стремятся добиваться улучшения условий труда и обеспечения требований трудоохранного законодательства. Эта система может быть связана с прямыми субсидиями, выдаваемыми под проценты. Если в результате принятых мер с использованием кредитов были достигнуты заранее намеченные положительные результаты, то кредит может быть преобразован в грант, т. е. получить форму безвозвратного.

Дифференцирование размеров страхового взноса в последнее время применяется широко, хотя и не дает высокого результата, поскольку

связано с результатами внедрения мероприятий по улучшению охраны труда, к тому же страховые компании не в состоянии предложить значительных сокращений взносов в качестве экономических стимулов.

Дифференцирование размеров страхового взноса при добровольном и обязательном страховании может быть следующим.

Добровольное страхование. Если страхование от несчастных случаев на производстве добровольное, то страховые компании могут изменять размеры выплачиваемых страховых премий по своему усмотрению. Если на рынке добровольного страхования существует конкуренция, то размеры выплачиваемых премий могут стать предметом конкуренции.

Обязательное страхование. Дифференцирование получаемых взносов может осуществляться в зависимости от числа и тяжести несчастных случаев. Если в стране насчитываются десятки страховых агентств, то используемые ими методы отличаются. При наличии в стране одной страховой компании, работающей в области улучшения условий труда, размеры взносов зависят от показателей предприятий в этой сфере (например, коэффициентов частоты и тяжести). Такая система ставит в неравное положение мелкие и средние предприятия по сравнению с крупными.

При наличии в стране одного страховщика все претензии по страхованию (изменение размеров взносов) проходят через него, что облегчает рассмотрение возникающих проблем. Если в стране действует несколько страховщиков, к тому же в разных отраслях хозяйства, то приходится создавать специальные фонды, которые помогают регулировать размеры и порядок выплат.

Самой мягкой формой воздействия на условия труда и их улучшение может считаться помощь государства в области маркетинга. Точно так же, как существуют знаки качества для товаров, поступающих на рынок, можно сертифицировать и соответствующим образом помечать товары, отвечающие требованиям безопасности и охраны труда.

Эффективность организационных мер в области улучшения охраны и гигиены труда оценить весьма сложно, так как неизвестно, как она зависит от затрачиваемых на это средств. Не всегда, например, увеличение штата специалистов по охране труда приводит к ожидаемой эффективности. Более высокий уровень эффективности охраны труда может быть достигнут в результате соответствующей организации производственного процесса, т. е. процесса труда. Например, организация чередования выполняемых работ может благотворно сказаться на сокращении болезней, количестве невыходов на работу

по болезни и рисков получения травм. На производствах, где уменьшается монотонность труда благодаря ротации людей на рабочем месте и изменению режима труда, добиваются заметного улучшения условий труда, а работодатель получает право на сокращение страховых взносов.

Наряду с техническими и организационными мероприятиями важнейшее значение имеет обучение персонала в области охраны труда, что также можно поощрять с помощью экономических стимулов (сокращение страховых взносов, уменьшение процентов на выдаваемые кредиты и т. п.). При этом следует иметь в виду, что обучение в области охраны труда повышает рыночную стоимость предприятия, а меры по экономическому стимулированию фактически компенсируют затрачиваемые на обучение средства.

Таким образом, экономические стимулы могут быть эффективно использованы в рамках обязательной системы страхования от несчастных случаев на производстве. При этом средства для предоставления экономических стимулов формируются за счет сбора страховых взносов, которые взимаются на основе оценки рисков травмирования и заболеваемости на предприятиях.

Методы экономической мотивации улучшения условий и охраны труда. Методы или инструменты экономического стимулирования улучшения охраны труда включают в себя:

- ◆ дифференцирование размеров страховых взносов;
- ◆ предоставление бонусов (сокращение размеров страховых взносов) за прилагаемые усилия;
- ◆ инвестиционную помощь;
- ◆ выдачу специальных свидетельств сертификации — ярлыков для помощи в маркетинге.

Эти инструменты могут быть успешно применены на различных объектах системы страхования. Они могут стать мощным дополнением к нормам по условиям и охране труда.

Указанные экономические стимулы не могут быть предоставлены предприятиям, на которых требования трудового законодательства и нормативных актов нарушаются, даже если они были зафиксированы лишь в одном цехе или подразделении.

Установление самой большой скидки с полноразмерного страхового взноса и предоставление самого большого бонуса (сокращение размера страхового взноса) может допускаться в случаях, если принимаемые на предприятии меры значительно превосходят установленные законодательством нормы.

Предприятия, состояние производственной среды которых находится ниже или на нижней границе требований охраны труда, должны выплачивать самые высокие страховые взносы, что позволяет их администрации принимать меры для исправления положения.

Изменение размеров взносов. Полноразмерный взнос, самый высокий, взимаемый с предприятия при наличии самого высокого предполагаемого риска, может состоять из:

1) базового компонента, который отражает аспект общей ответственности и покрывает несколько видов ответственности, а также административные расходы;

2) компонента, связанного с отраслью хозяйства, с присущими ей производственными процессами, технологией и организацией труда, которые являются главными доминантами рисков;

3) компонента, связанного с функциональным характером работы, с которым в свою очередь связан риск получения травмы.

Размеры первого компонента взноса составляют примерно 10 %, второго — примерно 30 и третьего — примерно 60 %.

Базовый компонент. Последствия несчастного случая при одном и том же риске могут значительно отличаться (например, гибель одного молодого несемейного человека или гибель матери большого семейства и поэтому требует больших компенсационных выплат). Так как страхование при одинаковом риске предполагает примерно равную компенсацию, то базовый компонент представляет собой своеобразный фонд для покрытия иногда имеющих место весьма высоких компенсационных расходов. Таким образом, элементы базового компонента являются той частью страхового взноса, которая как бы приводит к общему финансовому знаменателю несчастные случаи с различными последствиями.

Часть взноса, идущая на управление, может быть сокращена благодаря отлаженной работе и сокращению административного аппарата.

Компонент отрасли хозяйства и размеров предприятий. В этом компоненте находит отражение общий риск получения производственной травмы, связанной с условиями труда в отрасли промышленности и размерами предприятий. По этой причине этим рискам можно противостоять с помощью общих мер. Например, некоторые риски могут быть ликвидированы или уменьшены в результате применения новых технологий, не использующих токсичные вещества. Так, отказ от некоторых растворителей и переход к использованию красок на водной основе снижают риск получения поражений головного мозга. Таким образом, часть взноса, которая заложена в отрасли, может быть сокра-

цена как на отдельном предприятии, где найден способ уменьшения риска, так и на предприятиях отрасли в целом.

Функциональный компонент. Риски получения травм в основном обусловлены выполнением определенного вида трудовой деятельности. При этом процесс труда и характер используемых материалов являются ключевыми элементами риска, связанного с выполняемой работой, и эти элементы, в том числе постоянно повторяющиеся движения, в профилактическом порядке полезно менять с целью предупреждения травм. Предприятия, добивающиеся в этом успеха, могут рассчитывать на сокращение взносов в рамках третьего компонента за счет системы бонусов.

Получение бонусов зависит от принимаемых мер на отдельных предприятиях по улучшению организации и охраны труда, уменьшению рисков. Чтобы получить бонус, предприятие должно доказать, что его производственная среда находится в хорошем состоянии, которое как минимум соответствует требованиям охраны труда.

Система бонусов. Предоставление бонусов в виде сокращения размера страхового взноса осуществляется в качестве поощрения усилий предприятия по внедрению мер, позволяющих улучшить условия труда выше нормативных требований. Для получения бонусов проводятся следующие мероприятия.

Меры в области техники: установка на новых машинах и механизмах высокосоввершенных приспособлений, повышающих безопасность условий труда; тройная защита систем безопасности машин вместо двойной; применение новых химических веществ вместо старых, вредных.

Организационные мероприятия: реорганизация труда таким образом, чтобы при поднятии тяжелых грузов снизить нагрузку на каждого работника.

Мероприятия по обучению и стажировке: повышение квалификации инспекторов по охране труда; финансирование обучения по охране труда больших групп сотрудников.

Предоставление бонусов начинается с установления полноразмерного страхового взноса, с которого затем делаются скидки, т. е. предоставляются бонусы.

Бонусы могут состоять из слагаемых элементов или суббонусов, которые имеют определенную связь с разными компонентами страховых взносов и предоставляются за усилия в улучшении условий труда.

Например, суббонус 1 полагается за принятие мер универсального характера. Он является поощрением предприятиям, которые уже добились успехов по сравнению с другими, и может быть выдан по заяв-

лению предприятия. Суббонус 2 полагается за общий вклад в решение проблемы, характерной для данной отрасли экономики или вида работ. Он выдается по заявлению предприятия и рассчитан на стимулирование предприятий всей отрасли внедрять результаты, достигнутые одним из них. Суббонус 3 полагается за осуществленные предприятием мероприятия по решению определенных проблем охраны труда на данном предприятии или в организации.

Воздействие мер экономического стимулирования со стороны государственных органов управления может быть усилено путем общественного поощрения за развитие производства, системой социального страхования, посредством коллективных соглашений между объединениями работодателей и работников и т. п.

2.7.4. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда

Согласно «Положению о планировании и разработке мероприятий по охране труда» (2000) технические, санитарно-гигиенические, организационные и другие мероприятия по охране труда, направленные на обеспечение требований безопасности и гигиены труда, доведение санитарно-бытового обеспечения работников до установленных норм, осуществляемые нанимателем в плановом порядке, включаются в «План мероприятий по охране труда» (приложение к коллективному договору). При отсутствии коллективного договора названный план разрабатывается в соответствии с указанным положением, согласовывается с профсоюзами или иным представительным органом работников и утверждается нанимателем или уполномоченным им представителем.

Планируемые мероприятия предусматривают решение следующих основных задач: снижение рисков травмирования и заболеваемости работников; сокращение численности занятых на работах с опасными и вредными условиями труда, а также на тяжелых физических работах; доведение обеспеченности работников санитарно-бытовыми помещениями до установленных норм, оснащение их необходимыми устройствами и средствами; обеспечение в установленном порядке обучения, инструктажа и проверки знаний работников по вопросам охраны труда; внедрение передового опыта и научных разработок по охране труда и др.

Планирование работ по охране труда может быть перспективным (на несколько лет), текущим (годовым) и оперативным (квартальным, месячным и т. п.).

Перспективные и текущие планы составляются с учетом результатов анализа санитарно-технического состояния условий труда на предприятии, анализа причин производственного травматизма, общей и профессиональной заболеваемости, предложений работников предприятия, профсоюзов, органов надзора и др.

Для быстрого устранения недостатков, выявленных в процессе инспектирования, разрабатываются оперативные планы работ по охране труда.

Финансирование мероприятий осуществляется организациями за счет средств, затраты по которым относятся на себестоимость продукции (работ, услуг), если мероприятия носят некапитальный характер и непосредственно связаны с участием работников в производственном процессе; сметы расходов организаций, финансируемых из бюджета, если мероприятия проводятся одновременно с капитальным ремонтом основных средств; банковского кредита, если мероприятия входят в комплекс кредитуемых банком затрат по внедрению новой техники или расширению производства; инвестиций в основной капитал, включая фонд накопления, если мероприятия являются капитальными; средств из фонда предупредительных мероприятий по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и др.

Глава 3

ГИГИЕНА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Гигиенические требования к производственной среде обеспечиваются системой организационных, санитарных, инженерно-технических и других мероприятий, способов и средств, предотвращающих с определенной вероятностью воздействие на работающих преимущественно вредных производственных факторов (загрязнение воздушной среды, неблагоприятные метеорологические показатели воздуха, недостаточное освещение, повышенные уровни вибрации, шума, ультра- и инфразвука и др.) и повышающих культуру производства.

3.1. Оздоровление воздушной среды

3.1.1. Газовый состав воздушной среды и его изменение в результате производственных процессов

Воздушная среда, в которой осуществляется производственная деятельность человека, характеризуется химическим составом, физическими параметрами и другими показателями, оказывающими существенное влияние на здоровье работающих, их психофизиологическое состояние и работоспособность.

Атмосферный воздух, наиболее благоприятный для дыхания, в своем составе содержит 78,08 % азота, 20,95 % кислорода, 0,03 % углекислого газа, 0,93 % инертных и 0,01 % прочих газов.

В процессе производства в воздух рабочей зоны могут попадать вредные вещества различного происхождения (газы, пары, аэрозоли), которые способны вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работающих.

Загрязнение воздушной среды и изменение его газового состава и физических параметров может происходить при механической обработке материалов (сверление, шлифование, пескоструйная обработка поверхностей, дробление, размол, транспортировка измельченного материала и др.), газовой и плазменной резке металлов, электросварке, лужении и пайке, обезжиривании поверхностей в органических

растворителях, нанесении защитных покрытий с использованием лаков, красок, эпоксидных смол, металлизации и травлении различных элементов в растворах кислот, щелочей и солей и многих других процессах и операциях.

Основной состав загрязнителей воздуха на многих производственных участках включает в себя оксиды углерода, серы, азота (CO , CO_2 , SO_2 , NO_2 и др.), различные углеводороды (C_N , H_M), альдегиды (фенол, формальдегид), пары минеральных кислот, аэрозоли красок и др.

По характеру воздействия на организм вредные вещества классифицируются на общетоксичные, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные и мутагенные.

Так, оксид углерода CO воздействует главным образом на нервную и сердечно-сосудистую системы, соединяясь с гемоглобином крови, лишает его способности переносить кислород к тканям и вызывает удушье.

Оксиды азота NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5 оказывают раздражающее действие на органы дыхания, вызывая кашель, рвоту, иногда головную боль.

Диоксид серы SO_2 вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и дыхательных путей, создает неприятный вкус во рту.

Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.) обладают наркотическим действием, снижают активность, вызывают головную боль, головокружение, кашель, а бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ — канцерогенным свойством. Он содержится в саже, дымовых газах и отработавших газах автомобилей.

Альдегиды оказывают раздражающее действие на глаза и дыхательные пути, а при значительных концентрациях вызывают головную боль, слабость, потерю аппетита, бессонницу и др.

На производствах с применением свинца, ртути, цианистых соединений, мышьяка, аммиака, оксидов цинка (например, при сварке оцинкованных изделий, плавке бронзы и латуни) возможны острые отравления, признаками которого являются головные боли, ощущение пульса в виске, головокружение и др.

Более 20 различных веществ, применяемых на производстве, относятся к канцерогенным (хром, никель, кадмий, мышьяк, угольная сажа и др.).

Основными факторами поражения организма являются объемная концентрация вредного вещества в зоне дыхания или рабочей зоне (C , мг/м^3), время действия вредного вещества (t , ч), химический состав и физические свойства вещества (растворимость в биологических и других средах).

Нормирование и гигиеническая оценка загрязнения воздушной среды. Гигиеническая оценка степени загрязнения воздушной среды вредными веществами производится путем сопоставления фактической их концентрации $C_{\text{факт}}$ в рабочей воздушной зоне (или в зоне дыхания) с предельно допустимой концентрацией ПДК_{р.з.}, установленной нормативной документацией.

Для санитарно-гигиенической оценки воздушной среды используется несколько видов предельно допустимых концентраций вредных веществ, которые установлены на основе рефлекторных реакций организма человека на присутствие в воздухе вредных веществ.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны ПДК_{р.з.} (мг/м³) не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 ч за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли бы быть обнаружены современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки. При этом рабочей зоной считается пространство высотой 2 м над уровнем пола или площади, на которой расположены места постоянного или временного пребывания работающих.

Другой вид ПДК_{м.р.} — это максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (мг/м³), которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

Третий вид ПДК_{с.с.} — среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (мг/м³). Эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенного долгого круглосуточного вдыхания.

Для обеспечения охраны воздушной среды установлена еще одна нормативная величина, характеризующая объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, — предельно допустимый выброс (ПДВ). Эта величина определяется как количество загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которой ведет к превышению ПДК в среде, окружающей источник загрязнения, и как следствие — к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и риску для здоровья людей.

По степени воздействия на организм все вредные вещества подразделяются на четыре класса: к классу I относятся вещества чрезвычайно опасные, для которых ПДК_{р.з.} < 0,1 мг/м³; к классу II — высокоопасные вещества, для которых ПДК_{р.з.} = 0,1–1,0 мг/м³; к классу III — уме-

ренно опасные вещества, для которых $\text{ПДК}_{\text{р.з}} = 1,0\text{--}10 \text{ мг/м}^3$ и к классу IV — малоопасные вещества, для которых $\text{ПДК}_{\text{р.з}} > 10 \text{ мг/м}^3$.

При многокомпонентном загрязнении воздушной среды ее санитарно-гигиеническая оценка производится с учетом особенностей (типов) комбинированного (сочетанного) действия веществ на организм человека. Установлены три наиболее выраженных типа такого действия: синергизм, когда одно вещество усиливает действие другого (например, марганец усиливает токсичность кобальта); антагонизм, когда одно вещество ослабляет действие другого (например, тот же марганец ослабляет токсичность свинца); суммация, когда действия веществ суммируются (например, совместное присутствие минеральных кислот — серной, соляной, азотной; оксид азота, формальдегид и др.).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, C_3 и т. д.) в воздухе помещений к их $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ ($\text{ПДК}_{\text{р.з}_1}, \text{ПДК}_{\text{р.з}_2}, \text{ПДК}_{\text{р.з}_3}$ и т. д.) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{\text{р.з}_1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{\text{р.з}_2}} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_{\text{р.з}_3}} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{\text{р.з}_n}} < 1.$$

Если же вредные вещества, содержащиеся в воздухе, не обладают однонаправленным действием, то их ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

Контроль за содержанием вредных веществ, относящихся к I классу опасности, должен осуществляться непрерывно с помощью самопишущих автоматических приборов, выдающих сигнал превышения ПДК . Концентрацию вредных веществ II, III и IV классов опасности допускается определять периодически.

Основные способы и средства оздоровления воздушной среды на производстве. Наибольший эффект в защите воздушной среды от загрязнения может быть достигнут при сочетании следующих мероприятий:

- ♦ совершенствование технологических процессов, создание их непрерывности, герметичности аппаратуры и коммуникаций, применение гидро- и пневмотранспорта для пылящих веществ и материалов;
- ♦ внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, применение дистанционного управления и автоматизации контроля за ходом технологического процесса, что способствует устранению ручного труда и контакта с вредными веществами;

- ◆ замена вредных веществ в производстве на безвредные или менее вредные;
- ◆ гигиеническая стандартизация химического сырья и продукции (например, ограничение содержания мышьяка в серной кислоте; бензола, ксилола, углеводородов и серы в бензине и других видах топлива);
- ◆ эффективная вентиляция производственных помещений и др.

3.1.2. Ионизация воздуха рабочей зоны

Обеспечение определенной степени ионизации воздушной среды в рабочей зоне является одним из важнейших факторов поддержания хорошего самочувствия и высокой работоспособности персонала. Установлено, что значительное снижение содержания заряженных частиц (ионов) в воздухе совпадает с появлением у работающих необычной болезненности, жалоб на усталость, депрессию, тошноту, бессонницу, раздражительность, респираторные нарушения и др. В то же время пребывание людей в условиях с умеренно-повышенной ионизацией атмосферы, при преимущественном преобладании отрицательных ионов, наоборот, оказывает благоприятное воздействие на организм.

Все это позволило считать аэроионы биологически активным фактором среды.

Процесс ионизации воздуха заключается в превращении нейтральных атомов и молекул воздушной среды в электрически заряженные частицы (ионы). Ионы в воздухе (аэроионы) могут образовываться в результате естественной и искусственной ионизации.

Естественная ионизация происходит в процессе воздействия на воздушную среду космической и солнечной радиации и ионизирующих излучений (частиц), возникающих при распаде долгоживущих радионуклидов земной коры (калий-40, уран-238, торий-232 и др.). Естественная ионизация воздушной среды происходит повсеместно и постоянно во времени.

Искусственная аэроионизация возникает под действием ионизирующих факторов, сопровождающих некоторые технологические процессы (рентгеновские и ультрафиолетовые излучения, термоэмиссия, фотоэффект и др.), а также в специальных устройствах — ионизаторах, использующих такие явления, как коронный разряд и радиоактивный распад некоторых элементов.

Степень ионизированности воздуха зависит от соотношения процессов ионизации и деионизации. Последняя обуславливается рекомбинацией двух ионов разных полярностей, адсорбцией легких ионов

на незаряженных ядрах, конденсацией, нейтрализацией легких и тяжелых ионов зарядами противоположного знака и др.

Основными характеристиками ионов являются их подвижность и заряд. Подвижность ионов выражается коэффициентом пропорциональности (k , $\text{см}^2/\text{с} \cdot \text{В}$) между скоростью ионов и напряженностью электрического поля, воздействующего на ион. Подвижность ионов зависит и от их массы: чем больше масса, тем меньше скорость перемещения ионов в электрическом поле. По подвижности весь спектр ионов условно разделяется на пять диапазонов: легкие ($k > 1,0$); средние ($1,0 > k > 0,01$); тяжелые ($0,01 > k > 0,001$); ионы Ланжевена ($0,001 > k > 0,0002$); сверхтяжелые ионы ($0,0002 > k$).

Степень ионизированности воздушной среды определяется количеством ионов каждой полярности в одном кубическом сантиметре воздуха (n^+ и n^-) и показателем полярности Π , который определяется как отношение разности числа ионов положительной и отрицательной полярности к их сумме:

$$\Pi = \frac{n^+ - n^-}{n^+ + n^-}.$$

При равенстве количества ионов положительного и отрицательного знака показатель полярности $\Pi = 0$.

Минимально необходимые, оптимальные и максимально допустимые количества легких ионов обеих полярностей и значения показателя полярности приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Количество легких ионов обеих полярностей

Уровень ионизации воздушной среды	Число ионов в 1 см^3 воздуха		Показатель полярности, Π
	n^+	n^-	
Минимально необходимый	400	600	-0,2
Оптимальный	1500–3000	3000–5000	От -0,5 до 0
Максимально допустимый	50 000	50 000	От -0,05 до +0,05

Гигиеническая оценка степени аэроионизации среды осуществляется сравнением измеренных значений с нормативными величинами (табл. 3.1).

Для нормализации ионного режима воздушной среды широко применяются искусственные ионизаторы (высоковольтные, индукционные, радиационные и др.) и эффективная, правильно организованная

приточно-вытяжная вентиляция помещений, так как наружный чистый воздух содержит в 2–5 раз больше ионов, чем воздух закрытых помещений (50–100 ионов/см³).

3.1.3. Метеорологические условия труда (микроклимат)

Метеорологические условия, или микроклимат, характеризуются физическими параметрами воздуха в рабочей зоне — его температурой (t , °C), относительной влажностью (j , %), скоростью движения (V , м/с), а также интенсивностью теплового облучения работающих от нагретых поверхностей оборудования, изделий и открытых источников (I , Вт/м²).

Указанные параметры как отдельно, так и в комплексе оказывают значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме человека, во многом определяют его самочувствие и поэтому являются важной характеристикой комфортности условий труда.

Первостепенное значение в терморегуляции организма, т. е. поддержании температуры тела в пределах 36–37 °C, имеют температура воздуха, его относительная влажность и скорость движения. Температурная чувствительность свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, обеспечиваемой терморегуляцией. Абсолютный порог температурной области чувствительности определяют по минимальному ощущаемому изменению температуры участка кожи относительно физиологического нуля, т. е. собственной температуры данной области кожи. Для тепловых рецепторов он равен примерно 0,2 °C, а для холодных — 0,4 °C. Терморегуляция организма как физиологический процесс обеспечивается физической и химической терморегуляцией. Физическая терморегуляция осуществляется посредством отдачи тепла организмом в окружающую среду путем его излучения в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (при этом теряется до 45 % всей тепловой энергии); путем конвекции, т. е. нагревом воздуха вокруг поверхности тела (до 30 %), а также в результате испарения пота. При этом теряется примерно 13 % тепла через органы дыхания и около 5 % — на нагревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха. При физической терморегуляции изменяются деятельность сердечно-сосудистой системы (расширение кровеносных сосудов и увеличение кровотока к коже) и работа мышечных тканей.

Химическая терморегуляция осуществляется за счет изменения интенсивности процессов обмена веществ и окислительных процессов.

В состоянии покоя человек отдает в сутки в среднем 2400–2700 ккал тепла. При выполнении работы обмен веществ в организме усиливает-

ся, увеличивается и его теплопродукция, следовательно, требуется более интенсивная отдача тепла в окружающую среду, в противном случае возможно нарушение теплового баланса, что ведет к гипертермии. Перегрев организма возможен при затруднении теплоотдачи испарением пота в результате повышенной температуры и относительной влажности воздуха (более 75–80 %), что может в дальнейшем привести к судорожной болезни и тепловому удару, протекающему с потерей сознания, повышенной температурой тела (40–41°C), нарушением белкового и витаминного баланса, а также к выделению и накоплению в крови азота. Интенсивное потоотделение чревато угрозой обезвоживания организма и нарушением водно-солевого баланса.

Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывает также пониженная температура воздуха. Систематическое переохлаждение организма может явиться причиной заболевания периферической нервной системы. Сочетание низкой температуры, высокой влажности и большой подвижности воздуха приводит к переохлаждению организма с возможностью смертельного исхода.

Микроклимат в производственных помещениях формируется под влиянием следующих факторов:

- ◆ наличие источников теплообразования (в том числе работающего персонала);
- ◆ теплопоступления от солнечной радиации;
- ◆ теплообразования при работе электрического оборудования;
- ◆ кратность воздухообмена в помещении;
- ◆ теплопередача через ограждающие конструкции;
- ◆ температура поверхностей оборудования и ограждающих конструкций.

Теплообразование работающего персонала Q_n можно рассчитать исходя из количества явного тепла, выделяемого одним человеком q_n :

$$Q_n = n \cdot q_n, \text{ ккал/ч,}$$

где n — количество людей в помещении; $q_n = 50 - 110$ ккал/ч·чел.

Теплопоступления от солнечной радиации Q_p через световые проемы определяются по формуле

$$Q_p = S_{\text{ост}} \cdot q_{\text{ост}} \cdot k_3 \cdot A_{\text{ост}}, \text{ ккал/ч,}$$

где $S_{\text{ост}}$ — площадь остекления, м²; $q_{\text{ост}}$ — количество тепла, поступающее за счет солнечной радиации через один квадратный метр (м²) остекленной поверхности (60–80 ккал/м²·ч); k_3 — коэффициент, зависящий от прозрачности стекол (0,4–0,8); $A_{\text{ост}}$ — коэффициент, зависящий от вида остекления (1,15–1,45).

Теплообразования от работающего электрооборудования $Q_{эл}$ можно рассчитать по формуле

$$Q_{эл} = 860 \cdot P_{уст} \cdot h, \text{ ккал/ч,}$$

где $P_{уст}$ — мощность электрооборудования, кВт; h — коэффициент использования электрической мощности оборудования (0,5–0,9).

Кратность воздухообмена в помещении K определяется как отношение количества воздуха, поступающего и удаляемого из помещения в единицу времени L , м³/ч, к объему помещения V , м³:

$$K = \frac{L}{V}, \text{ ч}^{-1}.$$

Гигиеническое нормирование метеословий. Метеорологические условия — оптимальные и допустимые — регламентируются в зависимости от периода года, категории работ по энергозатратам, избыткам явного тепла. Оптимальные показатели распределяются на всю рабочую зону, а допустимые — дифференцированно для пространств и непостоянных рабочих мест. Допустимые показатели устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы.

Нормами устанавливаются теплый, холодный и переходный периоды года. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С и выше, холодный и переходный периоды — ниже +10 °С.

В зависимости от общих энергозатрат работы подразделяются на легкие (категория I), средней тяжести (категория II) и тяжелые (категория III).

К легким физическим работам относятся виды деятельности с энергозатратами до 150 ккал/ч (174 Вт), к физическим работам средней тяжести — виды деятельности с расходом энергии 151–250 ккал/ч (175–290 Вт). К тяжелым физическим работам относятся работы, связанные с постоянными передвижением, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий с энергозатратами более 250 ккал/ч (более 290 Вт).

На микроклимат производственных помещений, в частности температуру воздуха, существенное воздействие оказывает тепло, поступающее в рабочую зону от оборудования, отопительных приборов, нагретых материалов, рабочих и других источников.

Избыточное явное тепло характеризуется остаточным количеством тепла, поступающим в помещение, когда тепловыделения превышают

теплопотери. Избытки явного тепла принято считать незначительными, если они не превышают 20 ккал/м³·ч, и значительными, если превышают эту величину. Производственные помещения со значительными избытками явного типа относятся к категории «горячих цехов».

Избытки явного тепла $Q_{и.я}$ определяются из уравнений теплового баланса помещения соответственно для теплого и холодного периодов года:

$$Q_{и.я} = Q_{т.в} + Q_{с.р} - Q_{т.п},$$

$$Q_{и.я} = Q_{т.в} - Q_{т.п},$$

где $Q_{т.в}$ — суммарные тепловыделения в помещении без учета поступления тепла от солнечной радиации; $Q_{с.р}$ — теплопоступление за счет солнечной радиации; $Q_{т.п}$ — тепловые потери помещения.

При обеспечении оптимальных показателей микроклимата температура внутренних поверхностей конструкций, ограждающих рабочую зону (стен, пола, потолка и др.), или устройств (экранов и др.), а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должны выходить более чем на 2 °С за пределы оптимальных величин температуры воздуха, установленных нормами для отдельных категорий работ.

Способы и средства нормализации микроклимата в производственных помещениях. Важнейшими способами нормализации микроклимата в производственных помещениях и в зонах рабочих мест являются *отопление, кондиционирование воздуха и вентиляция помещений.*

Для защиты работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) используются средства индивидуальной защиты, в том числе и средства защиты. Предусматривается защита работающих и от ограждения остекленных поверхностей оконных проемов, а в теплый период года — от попадания прямых солнечных лучей.

Отопление помещений может быть местным и центральным. В качестве теплоносителей используются вода, пар или воздух. Теплый воздух, подаваемый в помещение, обычно нагревается в калориферах с помощью горячей воды, пара или электрической энергии. Соответственно отопление может быть водяным, паровым, воздушным или комбинированным.

Центральные системы воздушного отопления обычно совмещаются с приточными вентиляционными системами. Калориферы таких систем устанавливаются вне отапливаемых помещений.

Отоплению подлежат здания, сооружения и помещения любого назначения с постоянным или длительным (более двух часов) пребыванием людей в них во время проведения основных и ремонтно-восстановительных работ.

При температуре поверхностей ограждающих конструкций ниже или выше оптимальных величин температуры воздуха рабочие места должны удаляться от них на расстояние не менее 1 м. Температура воздуха в рабочей зоне, измеренная на разной высоте и различных участках помещений, не должна выходить в течение смены за пределы оптимальных величин, устанавливаемых нормами для отдельных категорий работ.

В качестве местного иногда используется печное отопление. При этом одной печью допускается отапливать не более трех помещений.

Кондиционирование воздуха предназначено для автоматического регулирования всех или части физических параметров воздуха в пределах, обеспечивающих комфортные условия труда в зонах пребывания людей или необходимые для оптимизации техпроцессов. При полном кондиционировании воздуха контролируются такие его параметры, как температура, относительная влажность, подвижность, газовый состав, степень озонирования и ионизированности.

Системы кондиционирования бывают центральные, обслуживающие несколько помещений, и местные, обеспечивающие необходимый микроклимат в одном помещении.

Наиболее эффективным и широко используемым на практике методом оздоровления воздушной среды в помещениях различного назначения является *вентиляция*.

3.1.4. Вентиляция производственных помещений

Назначение и виды вентиляции. *Вентиляция* представляет собой систему технических средств, обеспечивающую регулярный воздухообмен в помещении. Она предназначена для удаления из помещения избыточного тепла, влаги, вредных газов и паров и создания наиболее благоприятного (отвечающего санитарно-гигиеническим требованиям) микроклимата и ионного состава.

Воздухообмен в помещении можно осуществлять естественным путем через форточку или вентиляционные каналы за счет разности температур и давлений воздуха внутри помещения и вне его. Такая вентиляция называется *естественной*, или *аэрацией*.

Более эффективна искусственная механическая вентиляция, осуществляемая с помощью вентиляторов и эжекторов.

Сочетание естественной и искусственной вентиляции образует смешанную систему вентиляции.

Естественная вентиляция может быть неорганизованной, если воздух подается в помещение и удаляется из него за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений. Естественная вентиляция считается организованной, если она имеет устройства, позволяющие регулировать направление воздушных потоков и величину воздухообмена (вытяжные каналы, шахты, форточки и фрамуги зданий, аэрационные фонари и др.).

Естественная вентиляция позволяет подавать и удалять из помещений большие объемы воздуха без применения вентиляторов. Недостатком является зависимость ее эффективности от температуры наружного воздуха, силы и направления ветра.

Подачу приточного воздуха с помощью естественной вентиляции в теплый период года следует предусматривать на высоте не менее 0,3 м и не более 1,8 м, а в холодный период года — не менее 4 м от уровня пола (рис. 3.1). Общая площадь каналов для подачи воздуха через боковые световые проемы должна быть не менее 20 % площади световых проемов, а фрамуги и жалюзи должны иметь устройства, обеспечивающие направление приточного воздуха вверх в холодный период года и вниз в теплый период года.

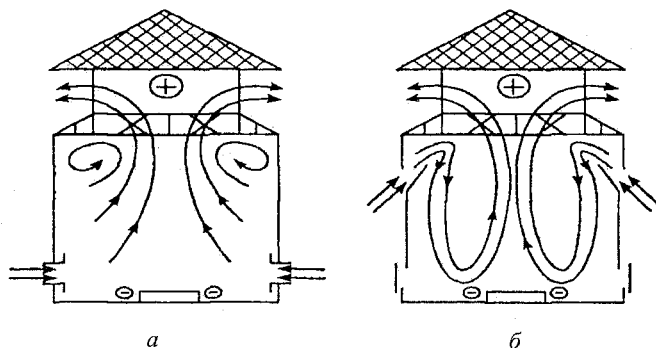


Рис. 3.1. Схема аэрации зданий за счет разности плотности воздуха:
а — в теплый период года; б — в холодный период года

Перепад давления H_m , создаваемый за счет разности плотности наружного (более тяжелого) и внутреннего (более легкого) воздуха и обеспечивающий движение воздуха, определяется из уравнения

$$H_m \approx 0,98 h_{\Pi} (\rho_{\text{наруж}} - \rho_{\text{внутр}}),$$

где h_{Π} — высота между серединами приточных и вытяжных проемов, м; $\rho_{\text{наруж}}$, $\rho_{\text{внутр}}$ — плотности наружного воздуха и воздуха внутри помещения, кг/м³.

Плотность воздуха, находящегося внутри помещения $\rho_{\text{внутр}}$ и снаружи $\rho_{\text{наруж}}$, рассчитывается по формулам соответственно:

$$\rho_{\text{внутр}} = \frac{353}{273 + t_{\text{внутр}}}, \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{\text{наруж}} = \frac{353}{273 + t_{\text{наруж}}}, \text{ кг/м}^3,$$

где $t_{\text{внутр}}$, $t_{\text{наруж}}$ — температура воздуха внутри и снаружи помещения, °С.

Величина теплового напора H_m растет с увеличением высоты между осями приточных и вытяжных проемов h_{Π} и разности температур наружного и внутреннего воздуха.

Искусственная механическая вентиляция, осуществляемая за счет вентиляторов и эжекторов, позволяет, в отличие от естественной вентиляции, подавать воздух в любую зону помещения или удалять его из мест образования различных вредностей: пыли, влаги, тепла, газов. В системах механической вентиляции можно предусматривать устройства для подогрева, увлажнения и очистки воздуха от пыли, а также его ионизацию.

Механическая вентиляция может применяться как для подачи воздуха в помещение (тогда она называется приточной), так и для удаления воздуха из помещения (тогда она называется вытяжной).

Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает приток воздуха в помещение и одновременно его удаление из помещения.

По месту действия вентиляция может быть общеобменной, местной и комбинированной. Общеобменная вентиляция осуществляет воздухообмен во всем помещении, а местная — лишь в определенных местах.

Системы механической вентиляции состоят из вентиляторов, устройств для забора и подачи воздуха, воздуховодов, фильтров и т. д. (рис. 3.2).

Выброс загрязненного воздуха не следует допускать в непроветриваемые участки прилегающей территории.

Общеобменная механическая вентиляция применяется при равномерном расположении источников вредностей в помещении, а также при одно- или двустороннем их расположении.

Местная приточная вентиляция служит для создания требуемых условий воздушной среды в ограниченной зоне производственного помещения.

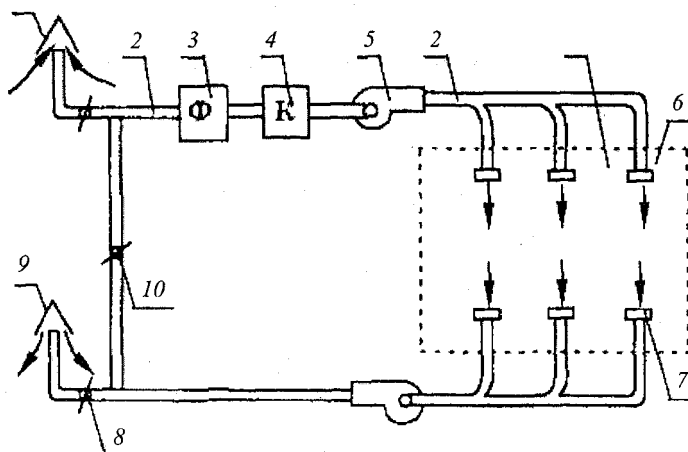


Рис. 3.2. Механическая приточно-вытяжная механизация:
 1 — воздухоприемник; 2 — воздуховоды; 3 — фильтр; 4 — калорифер;
 5 — центробежный вентилятор; 6 — приточные отверстия; 7 — вытяжные
 отверстия; 8 — регулировочный клапан; 9 — устройства для выброса воздуха;
 10 — воздуховод для циркуляции; 11 — помещение

К установкам местной приточной вентиляции относятся воздушные души, оазисы и завесы.

Воздушное душирование применяется в горячих цехах на рабочих местах, характеризуемых воздействием лучистого тепла интенсивностью 300 ккал/м²·ч и более. Скорость обдува должна составлять от 1,0 до 3,5 м/с. Установки воздушного душирования бывают стационарные и передвижные.

Воздушные оазисы позволяют улучшить метеорологические условия на ограниченной площади помещения, которая для этого отделяется со всех сторон легкими передвижными перегородками и заполняется более холодным и чистым воздухом, чем воздух помещения.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраиваются для защиты людей от охлаждения проникающим через ворота холодным воздухом.

Местная вытяжная вентиляция служит для улавливания и удаления вредных веществ непосредственно у источника их образования и для предотвращения их распространения по всему помещению.

Устройства местной вытяжной вентиляции делают в виде укрытий или местных отсосов (вытяжные шкафы, кабины, камеры, боковые отсосы и др.). Внутри укрытия создается разрежение, благодаря которо-

му вредные вещества не попадают в воздух помещения. Такой способ предотвращения попадания вредных выделений в помещение называется *аспирацией*.

Местные отсосы способны удалить до 75 % всех выделений вредных веществ, значительно снижая их поступление в зону дыхания работающих.

Наиболее распространенными системами промышленной вентиляции являются комбинированные, при которых совместно с общеобменной вентиляцией используется и местная вентиляция. В этом случае за счет снижения воздухообмена достигается значительное снижение затрат (рис. 3.3).

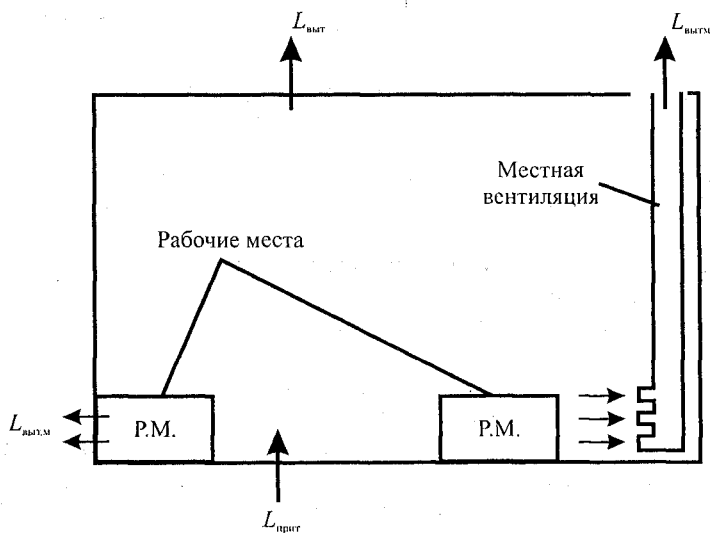


Рис. 3.3. Комбинированная вентиляция помещения: $L_{\text{выт}}$ — объем воздуха, удаляемый общеобменной вытяжной вентиляцией, $\text{м}^3/\text{ч}$; $L_{\text{прит}}$ — объем приточного воздуха, нагнетаемый общеобменной вентиляцией, $\text{м}^3/\text{ч}$; $L_{\text{вып.м}}$ — удаляемый из помещения воздух за счет местной вытяжной вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$

Вентиляционные системы должны отвечать следующим основным требованиям.

1. Объем приточного воздуха в помещении должен соответствовать объему воздуха, удаляемого из помещения (допускается разница +10–15 %). Эта разница определяется характером загрязнения помещения. Например, в чистых помещениях важно устранить неорганизованный приток воздуха через неплотности, что и достигается избыточным в

них давлением ($L_{\text{пр}} > L_{\text{вып}}$). В помещениях с наличием источников загрязнения воздуха и других вредностей важно обеспечить пониженное давление ($L_{\text{пр}} < L_{\text{вып}}$).

2. Приток воздуха должен обеспечиваться в те части помещения или рабочие зоны, где объем выделения вредностей минимальный, а удаление воздуха — из зон с максимальным их выделением и из верхней зоны (рис. 3.4).

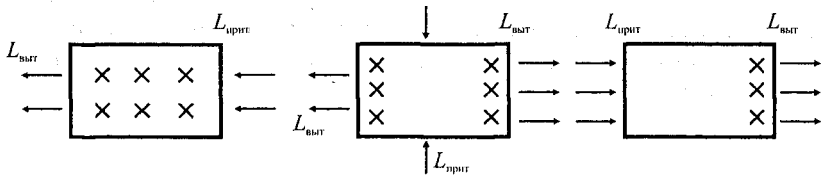


Рис. 3.4. Организация притока и удаления воздуха в рабочих помещениях при различных условиях размещения источников вредностей

3. Вентиляционные системы должны быть надежными и экономичными в эксплуатации и не создавать дополнительных опасностей (взрывов, пожаров).

Расчет воздухообмена в производственных помещениях. При проектировании и расчете вентиляции учитываются климатическая зона, время года, наличие в воздушной среде вредностей (избыточного тепла, влаги, газов, пыли и др.).

Если в воздух помещения выделяется одновременно несколько вредных веществ однонаправленного действия, то расчет общеобменной вентиляции производится путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до ПДК.

При одновременном выделении нескольких вредных веществ разнонаправленного действия расчет воздухообмена ведется для каждого из них и для дальнейших расчетов вентиляции применяют наибольшее значение воздухообмена.

Для помещения с нормальным микроклиматом и при отсутствии вредных веществ или содержании их в пределах норм ПДК воздухообмен L_p определяется путем умножения количества работающих n_p в помещении на нормируемую величину расхода воздуха на одного работающего L' :

$$L_p = n_p \cdot L', \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Если на одного работающего приходится менее 20 м^3 объема помещения, то $L' \geq 30 \text{ м}^3/\text{ч}$, если же 20 м^3 и более объема помещения, то $L' > 20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Воздухообмен L_G для удаления из помещения вредностей в виде газов, паров, пыли и избыточной влаги рассчитывается по формуле

$$L_G = \frac{G}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{прит}}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где G — количество вредного вещества, выделяющееся в помещении, мг/ч; $C_{\text{ПДК}}$ — допустимое содержание вредного вещества в воздухе помещения, мг/м³; $C_{\text{прит}}$ — содержание вредного вещества в приточном воздухе, мг/м³.

В некоторых производственных помещениях возможно выделение избыточного тепла. Воздухообмен в таких помещениях рассчитывается по формуле

$$L_Q = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб}}}{C\rho_{\text{прит}}(t_{\text{внутр}} - t_{\text{наруж}})}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $Q_{\text{изб}}$ — суммарное количество избыточного тепла, выделяемого в помещении источниками, Вт; C — теплоемкость сухого воздуха (примерно равна 1 Дж/кг · К); $\rho_{\text{прит}}$ — плотность приточного воздуха, кг/м³; $t_{\text{внутр}}$ — температура воздуха в помещении, соответствующая санитарным нормам, °С; $t_{\text{наруж}}$ — расчетная температура наружного воздуха, °С.

Количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения с помощью местной вытяжной вентиляции (в виде укрытий, отсосов), определяется по формуле

$$L_{\text{мес}} = 3600 \cdot S \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где S — площадь открытых проемов отверстий, через которые засасывается воздух, м²; V — необходимая скорость движения воздуха в этих проемах и отверстиях, величина которой зависит от типа вытяжного устройства и класса опасности вредных веществ, м/с. При ПДК вредных веществ, большем или равном 100 мг/м³, эта скорость принимается равной 0,5–0,7 м/с; при ПДК < 100 мг/м³ соответственно $V = 0,7$ – $1,0$ м/с; при чрезвычайно и высокоопасных веществах ПДК < 1,0 м/с, $V = 1,0$ – $1,7$ м/с.

Расчет основных параметров вытяжных устройств для естественной вентиляции. Суммарная площадь сечения вытяжных каналов $S_{\text{выт}}$ определяется исходя из необходимого воздухообмена L для данного помещения и скорости воздушного потока V в аэрационном канале или проеме, по формуле

$$S_{\text{выт}} = \frac{L}{3600 V}, \text{ м}^2.$$

Скорость воздушного потока можно определить по формуле

$$V = 1,42 \psi_c \sqrt{\frac{H_T}{\rho_{\text{наруж}}}}, \text{ м/с},$$

где ψ_c — коэффициент, учитывающий сопротивление воздуха в канале или проеме ($\psi_c = 0,5$); H_T — тепловой напор, возникающий за счет перепада давлений, Па; $\rho_{\text{наруж}}$ — плотность наружного воздуха, кг/м³.

Площадь сечения аэрационных отверстий $S_{\text{в.п}}$ при использовании ветрового напора для аэрации рассчитывается по формуле

$$S_{\text{в.п}} = \frac{L}{3600 \tau V_{\text{в}}}, \text{ м}^2,$$

где L — необходимый воздухообмен, м³/ч; τ — коэффициент расхода, зависящий от условий истечения; $V_{\text{в}}$ — скорость ветра, м/с.

Для усиления тяги через вентиляционные каналы на их верхней части устанавливают дефлекторы (рис. 3.5). Поток ветра, обтекая дефлектор, создает в канале некоторое разрежение, за счет которого скорость движения воздуха по каналу увеличивается.

При ориентированном расчете дефлекторов определяется диаметр патрубков D_n и соответственно конструктивные размеры дефлектора (рис. 3.5).

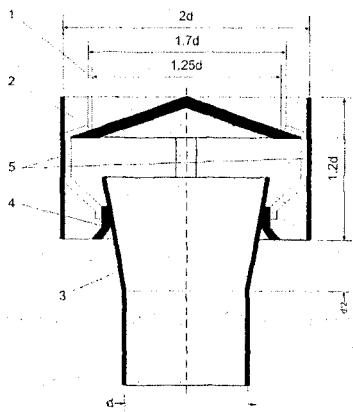


Рис. 3.5. Схема дефлектора типа ЦАГИ: 1 — колпак; 2 — обечайка; 3 — диффузор; 4 — конус; 5 — лапки, удерживающие колпак и обечайку

$$D_{\text{н}} = 0,0188 \sqrt{\frac{L_{\text{д}}}{V_{\text{д}}}}, \text{ м},$$

где $L_{\text{д}}$ — производительность дефлектора, $\text{м}^3/\text{ч}$; $V_{\text{д}}$ — скорость воздуха в патрубке дефлектора, $\text{м}/\text{с}$. В приближенных расчетах $V_{\text{д}} = (0,2 - 0,4) \times V_{\text{в}}$, где $V_{\text{в}}$ — скорость ветра.

3.2. Производственное освещение

3.2.1. Особенности зрительного восприятия

Свет является естественным условием жизнедеятельности человека, играющим важную роль в сохранении здоровья и высокой работоспособности. Он оказывает положительное влияние на эмоциональное состояние человека, обмен веществ, центральную нервную и сердечно-сосудистую системы.

Зрительный анализатор человека является одним из основных в системе анализаторов, главным источником информации, получаемой им о внешнем мире. Он позволяет хорошо ориентироваться в пространстве. При оценке восприятия пространственных характеристик основным понятием является острота зрения, характеризующаяся минимальным углом, под которым две точки видны как отдельные. Острота зрения зависит от освещаемости, контрастности, формы объекта и других факторов, а также от места проекции изображения на сетчатке глаза.

Зрительный анализатор включает два типа рецепторов: колбочки и палочки. Колбочки являются аппаратом хроматического зрения, а палочки — ахроматического (гамма переходов от белого цвета к черному).

Оптический анализатор различает семь основных цветов и более сотни оттенков.

Цветовые ощущения вызываются воздействием световых волн, имеющих длину от 0,38 до 0,78 $\mu\text{м}$ (0,38–0,45 $\mu\text{м}$ — фиолетовый цвет; 0,455–0,470 $\mu\text{м}$ — синий; 0,47–0,50 $\mu\text{м}$ — голубой; 0,50–0,55 $\mu\text{м}$ — зеленый; 0,55–0,59 $\mu\text{м}$ — желтый; 0,59–0,61 $\mu\text{м}$ — оранжевый; 0,61–0,78 $\mu\text{м}$ — красный).

Зрительный анализатор обладает определенной спектральной чувствительностью, которая характеризуется относительной видностью монохроматического излучения. Наибольшая видность днем соответствует желтому, а ночью или в сумерках — зелено-голубому цвету.

Зрительный анализатор характеризуется инерцией зрения, равной 0,1–0,3 с. При этом ощущение, вызванное световым сигналом, в течение определенного времени сохраняется, несмотря на исчезновение сигнала или изменение его характеристик.

При резком действии прерывистого раздражителя возникает ощущение мельканий, которые при определенной частоте сливаются в ровный немигающий свет.

Частота, при которой мелькания исчезают, называется *критической частотой слияния мельканий*. Оптимальной является частота 3–10 Гц.

Инерция зрения обуславливает стробоскопический эффект, суть которого состоит в том, что если время, разделяющее дискретные акты наблюдения, меньше времени гашения зрительного образа, то наблюдение субъективно ощущается как непрерывное.

При стробоскопическом эффекте возможна иллюзия движения при непрерывном наблюдении отдельных объектов или иллюзия неподвижности (замедленного движения), возникающая в том случае, если движущийся предмет периодически занимает прежнее положение.

При восприятии объектов в двухмерном и трехмерном пространстве различают поле зрения и глубинное зрение.

Бинокулярное поле зрения охватывает в горизонтальном направлении 120–160°, по вертикали вверх — 55–60°, вниз — 67–72°.

При восприятии цвета размеры поля зрения сужаются. Зона оптимальной видимости ограничена полем, равным вверх 25°, вниз — 35°, вправо и влево — по 32°.

Глубинное зрение связано с восприятием пространства. Ошибка оценки абсолютной удаленности на расстоянии до 30 м равна в среднем 12 % от общего расстояния.

Являясь важнейшим показателем гигиены труда, производственное освещение предназначено для улучшения условий зрительной работы и снижения утомления, повышения безопасности труда и снижения профессиональных заболеваний, повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции.

3.2.2. Виды и системы освещения

В зависимости от источников света производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным.

Естественное освещение в помещении может формироваться прямыми солнечными лучами, рассеянным светом небосвода и отраженным светом от земли и других объектов.

Искусственное освещение создается с помощью ламп накаливания или газоразрядных ламп.

Совмещенное освещение представляет собой дополнение естественного освещения искусственным в темное и светлое время суток при недостаточном естественном освещении.

Естественный свет по своему спектральному составу существенно отличается от искусственного. В спектре солнечного света значительно больше необходимых для человека ультрафиолетовых лучей. Для него характерна высокая диффузность (рассеянность) света, весьма благоприятная для зрительных условий работы. Естественное освещение обеспечивает зрительный контакт с внешней средой, устраняет монотонность световой обстановки в помещениях, вызывающую преждевременное утомление нервной системы при искусственном освещении.

Учитывая высокую биологическую и гигиеническую ценность и положительное психологическое воздействие естественного света, на практике стремятся к максимально возможному его использованию при проектировании производственного освещения. По этой причине помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

По конструктивным особенностям естественное освещение бывает *боковым*, когда свет проникает в помещение через световые проемы в наружных стенах — окна; *верхним* — через верхние световые проемы — фонари; *комбинированным* — при сочетании бокового и верхнего освещения.

Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение устраивают во всех помещениях, а также на участках открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Искусственное рабочее освещение может быть общим и комбинированным, когда к общему добавляется местное освещение, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

Для местного освещения кроме газоразрядных ламп могут использоваться лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

В зависимости от расположения оборудования и рабочих мест общее освещение может быть равномерным или локализованным.

Аварийное освещение предусматривается во всех случаях, когда внезапное отключение основного освещения может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, опасность травмирования, длительное нару-

шение технологического процесса или нарушение работы узлов связи, установок по водо- и газоснабжению, дежурных постов и пунктов управления различными системами.

Эвакуационное освещение предусматривается в проходах производственных зданий с числом работающих более 50 человек, где выход людей из помещения при внезапном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма.

Охранное освещение предусматривается (при отсутствии специальных технических средств охраны) вдоль границ территории, охраняемых в ночное время.

Источниками искусственного освещения могут быть лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Срок службы ламп накаливания составляет до 1000 ч, а световая отдача — от 7 до 20 лм/Вт. Наибольшими достоинствами обладают йодные лампы накаливания. У них срок службы достигает 3000 ч, а световая отдача — до 30 лм/Вт.

Видимое излучение от ламп накаливания преобладает в желтой и красной частях спектра, что вызывает искажение цветопередачи, затрудняет различение оттенков цветов.

Газоразрядные лампы имеют световые характеристики, полнее отвечающие гигиеническим требованиям. У них излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов, паров металлов и их солей и бомбардировки ионами люминесцентного покрытия внутренних поверхностей стеклянных трубок. Срок службы газоразрядных ламп достигает 14 000 ч, а световая отдача — 100 лм/Вт.

Путем подбора инертных газов и паров металла, в атмосфере которых происходит разряд, можно получить световой поток газоразрядных ламп в любой части спектра.

К недостаткам газоразрядных ламп можно отнести неустойчивую работу некоторых из них при низких температурах, необходимость запускающих устройств (дресселей), а также пульсацию света, шум и др.

Наиболее распространенными газоразрядными лампами являются лампы низкого давления, люминесцентные, имеющие форму цилиндрической трубки. Они выпускаются разной цветности: лампы дневного света (ЛД); холодно-белого цвета (ЛХБ); белого цвета (ЛБ); тепло-белого цвета (ЛТБ) и с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ).

К газоразрядным лампам высокого давления относятся ртутные, ксеноновые, металлогалогенные, натриевые, дуговые и др.

Ртутные лампы в отличие от люминесцентных устойчиво загораются и хорошо работают как при высоких, так и при низких температурах окружающего воздуха. Они имеют большую мощность и применяются в основном для освещения высоких производственных помещений и улиц.

Ксеноновые лампы состоят из кварцевой трубки, наполненной газом ксеноном. Они используются для освещения спортивных сооружений, железнодорожных станций, строительных площадок. Такие лампы являются источниками ультрафиолетовых лучей, действие которых может быть опасным при освещении более 250 лк.

Наиболее перспективными являются галогидные лампы, разряд которых происходит в парах галогидных солей, а также натриевые лампы. Они характеризуются отличной цветопередачей и высокой экономичностью (светоотдача 110–130 лм/Вт).

При совмещенном освещении общее искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами. Применение ламп накаливания допускается в случаях, если по условиям технологии или требований оформления интерьера использование газоразрядных ламп невозможно либо нецелесообразно.

3.2.3. Нормирование и оценка производственного освещения

Уровень естественного освещения может резко меняться в течение короткого времени, поэтому нормируемой величиной (количественной характеристикой) естественного освещения принята не освещенность рабочего места, а коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности e представляет собой отношение естественной освещенности в контрольной точке внутри помещения $E_{\text{в}}$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{\text{н}}$, создаваемой светом полного открытого небосвода.

КЕО показывает, какую часть наружной освещенности составляет освещенность в определенной точке внутри помещения:

$$\text{КЕО}(e) = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100 \%$$

Искусственное освещение оценивается величиной освещенности E , лк.

Совмещенное освещение оценивается коэффициентом естественной освещенности при отключении источников искусственного света.

Нормы производственного освещения устанавливаются в зависимости от:

- ♦ разряда зрительной работы, т. е. ее характеристики (наименьшего размера объекта различения, светлости фона, величины контраста объекта с фоном);

- ♦ вида и системы освещения (для искусственного освещения).

Фон — это поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Светлость фона характеризуется коэффициентом отражения r , равным отношению светового потока, отраженного от поверхности $F_{\text{отр}}$, к световому потоку, падающему на поверхность $F_{\text{пад}}$:

$$\rho = F_{\text{отр}} / F_{\text{пад}}$$

Фон считается светлым при $\rho > 0,4$, средним — при $0,4 > \rho > 0,2$ и темным — при $\rho < 0,2$.

Контраст объекта различения с фоном оценивается коэффициентом контрастности K , который определяется различием между их яркостями или коэффициентами отражения:

$$K = \frac{(B_o - B_\phi)}{B_\phi}; \quad K = \frac{(\rho_o - \rho_\phi)}{\rho_\phi},$$

где B_o и B_ϕ — соответственно яркости объекта и фона; ρ_o и ρ_ϕ — соответственно коэффициенты отражения объекта и фона.

Контраст считается большим при $K > 0,5$, средним — при $0,5 \geq K > 0,2$ и малым — при $K < 0,2$.

Зрительные работы делятся на восемь разрядов в зависимости от размера различаемой детали, которые в свою очередь разбиваются на четыре подразряда (а, б, в, г) в зависимости от контраста детали различения с фоном и от коэффициента отражения фона (табл. 3.2).

Для каждого подразряда нормами устанавливаются определенные значения освещенности и коэффициента естественной освещенности, которые уменьшаются по мере увеличения размера деталей, контраста с фоном и коэффициента отражения.

При гигиенической оценке естественного освещения оценивается (сравнивается с нормой — $e_{\text{н}}$) минимальное значение $e_{\text{мин}}$, имеющее место:

- ♦ при одностороннем боковом освещении — на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (рис. 3.6 а);

- ♦ при двустороннем боковом освещении — в точке посередине помещения (рис. 3.6 б);

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10						
				Большой	Светлый											
				Большой	Средний											
			а			Малый	Темный	4000	400	—	20	10				
							Средний	3500	400	—	10	10				
						Малый	Средний	3000	300	750	20	10				
			в			Средний	Темный	2500	300	600	10	10				
						Малый	Светлый	2000	200	500	20	10				
							Средний								4,2	1,5
			г			Средний	Светлый	1500	200	400	10	10				
						Большой	Светлый	1000	200	300	20	10				
						Большой	Средний	750	200	200	10	10				
а	От 0,30 до 0,50	III	Малый	Темный	2000	200	500	40	15							
				Средний	1500	200	400	20	15			3,0	1,2			

б	Малый Средний	Средний Темный	1000	200	300	40	15					
	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	200	300	20	15					
в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	200	300	40	15					
	Средний Большой	Светлый Средний Темный	600	200	200	20	15					
г	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200	40	15					
	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200	40	15					
а	Малый	Темный	750	200	300	40	20					
	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20					
в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20					
	Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20					
г	Средний Большой	Светлый Средний	-	-	200	40	20					
	Средний Большой	Светлый Средний	-	-	200	40	20					
IV												
Свыше 0,5 до 1,0												
Средней точности												
4												
1,5												
2,4												
0,9												

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	a	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6	
			б	Малый	Средний	-	-	200	40	20					
			в	Малый	Средний	Средний	Средний	Темный	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	г	Средний	Средний	Средний	Средний	200	40	20					
				Большой	Большой	Большой	Средний	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	200	40	20	3	1	1,8
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Общие наблюдения за производственным процессом:	VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6								
												б	в	г					
постоянное или периодическое при постоянном пребывании людей в помещении	VIII	а	То же	-	75	-	-	1	0,3	0,7	0,2								
												б	-	50	-	0,7	0,2	0,5	0,2
Общие наблюдения за инженерными коммуникациями		а	То же	-	20	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1								

П р и м е ч а н и я:

1. Для подрайда норм Ia до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подрайда в графах 7-11.
2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении этого расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать в соответствии с приложением Б. Для протяженных объектов различения эквивалентный размер выбирается по приложению в СНБ 2.04.05.98.
3. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:
 - а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
 - б) то же, общего освещения для разрядов I-V, VI;
 - в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.
4. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подрайду «в».
5. Показатель освещенности регламентируется в графе 10 только для общего освещения (при любой системе освещения).
6. Коэффициент пульсации K_p указан в графе 10 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения. K_p от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20 %.
7. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I-III, IVa, IVb, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической целесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

♦ при верхнем или верхнем и боковом — среднее арифметическое значение КЕО в точках на расстоянии 1 м от поверхности стен или перегородок.

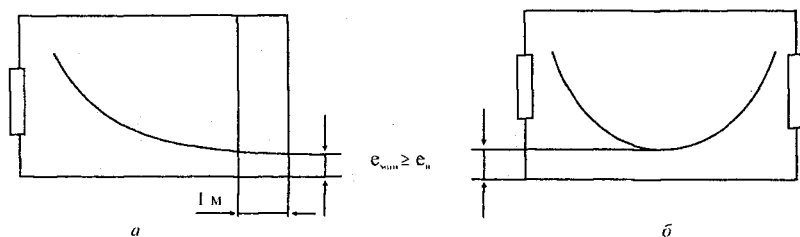


Рис. 3.6. Оценка одно- и двустороннего естественного освещения

При определении нормативного значения КЕО (e_n) необходимо учитывать коэффициент светового климата m и коэффициент солнечного климата s , значения которых зависят от географического пояса:

$$e_{нх} = e_n m s.$$

При искусственном освещении освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного освещения, должна составлять 10 % нормируемой для комбинированного освещения. При этом источники света, применяемые для общего освещения, должны применяться и для местного освещения. Наибольшее и наименьшее значения освещенности должны приниматься для газоразрядных ламп 500 и 150 лк, а для ламп накаливания — 100 и 50 лк.

3.2.4. Принципы расчета производственного освещения

Расчет естественного освещения заключается в определении требуемой площади световых проемов.

При боковом естественном освещении требуемая площадь светового проема может быть определена из выражения

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n K_3 \eta_o}{\tau_{об} \rho_o} K_{зл};$$

при верхнем освещении:

$$100 \frac{S_{\phi}}{S_n} = \frac{e_n K_3 \eta_{\phi}}{\tau_{об} \rho_o K_{\phi}},$$

где S_o — требуемая площадь световых проемов при боком освещении, m^2 ; S_{ϕ} — то же при верхнем освещении, m^2 ; S_{Π} — площадь пола помещения, m^2 ; e_{Π} — нормированное значение КЕО, %; K_3 — коэффициент запаса, учитывающий снижение КЕО и освещенности вследствие загрязнения и старения световых проемов (1,2–2,0); h_o — световая характеристика окна; h_{ϕ} — то же фонаря; $K_{зд}$ — коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями (1–1,7); K_{ϕ} — коэффициент, учитывающий тип фонаря; $t_{об}$ — общий коэффициент светопропускания; ρ_o — коэффициент, учитывающий повышение КЕО благодаря свету, отраженному от поверхностей.

Иногда для определения площади световых проемов используют световой коэффициент, равный:

$$K_{св} = \frac{S_{св}}{S_{\Pi}} > \frac{1}{4} \dots \frac{1}{5},$$

где $S_{св}$ — площадь световых проемов, m^2 ; S_{Π} — площадь пола.

Расчет искусственного освещения осуществляется в следующей последовательности: выбор системы освещения, выбор и размещение светильников в плане и по высоте помещения, определение нормируемого значения освещенности E_{Π} , лк, расчет светового потока ламп и выбор типовых ламп (газоразрядных ламп, ламп накаливания), которые обеспечат требуемую освещенность рабочих поверхностей E_{Π} .

Выбор системы освещения и светильников обуславливается зрительными работами в помещении, а их размещение должно обеспечить направление световых потоков на рабочие места, ограничение ослепленности, удобство доступа к светильникам для их обслуживания и создание нормированной освещенности более экономичными средствами.

Для общего освещения ряды светильников следует располагать с учетом рабочих мест, по возможности согласуя направление естественного и искусственного света.

Светильники с лампами накаливания размещаются в вершинах квадратных, прямоугольных или треугольных полей, что дает наибольшую равномерность освещения.

Светильники с газоразрядными (люминесцентными) лампами рекомендуется располагать сплошными рядами или с небольшими разрывами, ориентируя ряды параллельно стенам с окнами или продольным осям помещения по длине вдоль рабочих столов или технологического оборудования.

В узких помещениях допустимо однорядное расположение светильников.

Положение светильников в разрезе и на плане помещения определяется расчетной высотой подвеса светильника h_p над рабочей поверхностью и расстоянием l между соседними точечными светильниками или рядами линейных светильников (с люминесцентными лампами).

Расчетная высота подвеса светильника h_p может быть определена исходя из геометрических размеров помещения (рис. 3.7):

$$h_p = H - (h_c + h_n), \text{ м,}$$

где H — высота помещения, м; h_c — расстояние светильника от перекрытия («свес» светильника), м; h_n — высота рабочей поверхности над полом (обычно $h_n = 0,8$ м).

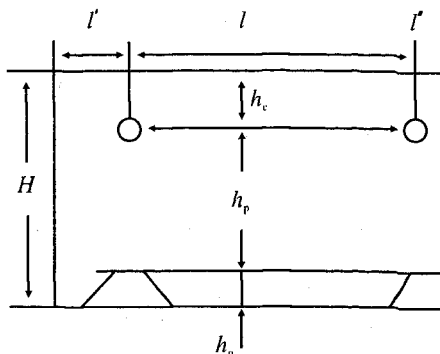


Рис. 3.7. К расчету высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью:
 $l = (0,4 \div 0,5)l$; $l' = (0,25 \div 0,3)l$

Расстояние между светильниками l можно определить из заданного для выбранного типа светильников оптимального соотношения h_p и $l(\lambda)$:

$$\lambda = l/h_p.$$

Для большинства светильников $\lambda = 1,3-1,4$. Таким образом, $l = \lambda h_p$.

Расчет светового потока, необходимого для обеспечения требуемой освещенности $E_{п.}$, может осуществляться методом светового потока (по коэффициенту использования светового потока) точечным методом и методом Ватт.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей.

Световой поток одной лампы $F_{л}$ по этому методу рассчитывается по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{н} S_{п} K_{з} Z}{\eta N}, \text{ лм},$$

где $E_{н}$ — нормируемая освещенность, лк; $S_{п}$ — площадь помещения, м²; $K_{з}$ — коэффициент запаса, учитывающий запыленность светильников и износ источников света в процессе эксплуатации ($K_{з} = 1,4-1,8$); Z — коэффициент неравномерности освещения ($Z = 1,1-1,2$); N — количество светильников, определяемое из условия равномерного освещения; η — коэффициент использования излучаемыми светильниками светового потока на расчетной плоскости. Он зависит от типа светильника $T_{с}$, коэффициентов отражения пола $\rho_{п}$, стен $\rho_{ст}$, потолка $\rho_{пот}$, индекса помещения $i = A \cdot B / [h_{р}(A + B)]$, где A и B — длина и ширина помещения в плане; m ; $h_{р}$ — расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

По полученному результату расчета, т. е. требуемому световому потоку, выбирается ближайшая стандартная лампа.

При выбранном типе и мощности люминесцентных ламп определяется необходимое число светильников в ряду по формуле

$$N = (E_{н} S_{з} Z) / (n F_{св} \eta),$$

где n — число рядов светильников, намечаемое до расчета в соответствии с оптимальным отношением:

$$\lambda = l / h_{р}.$$

Точечный метод позволяет рассчитать освещение не только горизонтальных поверхностей, но и негоризонтальных, а также общее локализованное и местное освещение.

Расчет светового потока лампы $F_{л}$ при точечном расположении светильников и линейная плотность светового потока $F_{л,л}$ при линейном расположении светильников производится по формулам:

а) для точечных светильников:

$$F_{л} = \frac{1000 E_{н} K_{з}}{\mu \Sigma e}, \text{ лм};$$

б) для линейных светильников:

$$F_{л,л} = \frac{1000 E_{н} K_{з} h_{р}}{\mu \Sigma f \tilde{A}}, \text{ лм/м},$$

где $E_{\text{н}}$ — нормируемая освещенность на рабочей поверхности, создаваемая общим освещением, лк; K_3 — коэффициент запаса ($K_3 = 1,4-1,8$); h_p — расчетная высота подвеса линейного светильника над рабочей поверхностью; μ — коэффициент, учитывающий влияние на освещенность в контрольной точке удаленных светильников и отражение света от стен и потолка ($\mu = 1,05-1,2$); Σe и $\Sigma \epsilon$ — соответственно условная и относительная суммарная освещенность в контрольной точке от близких светильников (условная — для точечных, относительная — для линейных).

Контрольная точка — это место на рабочей поверхности с минимальным уровнем освещенности, где должно быть обеспечено нормируемое значение освещенности $E_{\text{н}}$ при системе общего освещения или $0,1 E_{\text{н}}$ — для системы комбинированного освещения.

Условная освещенность e в контрольной точке определяется по графикам пространственных изолюкс, построенных в координатах h_p и d (рис. 3.8) от каждого из близких светильников согласно их расположению относительно контрольной точки.

На рис.3.9 показаны примеры расчета координаты d , на плане при однорядном (а) и многорядном (б) расположении точечных светильников.

Относительная освещенность ϵ в контрольной точке определяется по графикам линейных изолюкс, построенных в относительных координатах L' и P' .

$$L' = L/h_p; P' = P/h_p,$$

где L — расстояние между светильниками; $P = L/2$.

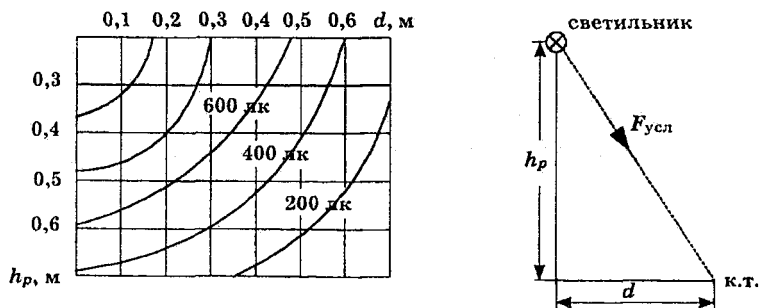


Рис. 3.8. Пространственные изолюксы

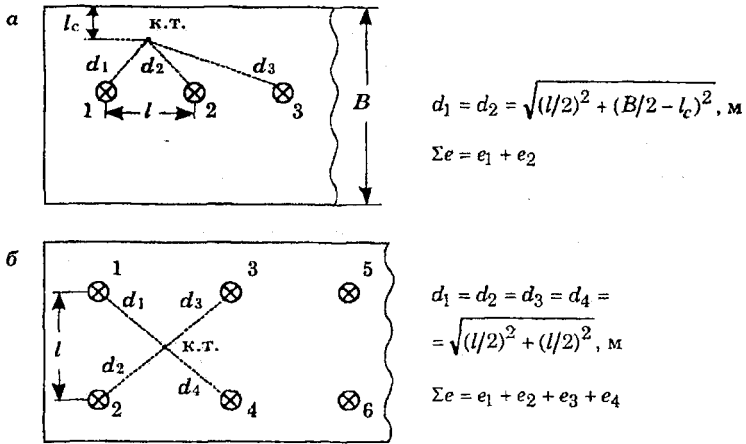


Рис. 3.9. Схема к расчету координаты d

Для точки A_1 (рис. 3.9) относительные координаты можно определить по формулам:

$$P' = \frac{e}{2} / h_p; L'_1 = L_1 / h_p; L'_2 = L_2 / h_p.$$

Суммарная относительная освещенность в контрольной точке A_1 будет равна:

$$\Sigma \epsilon = \Sigma \epsilon_1 + \Sigma \epsilon_2.$$

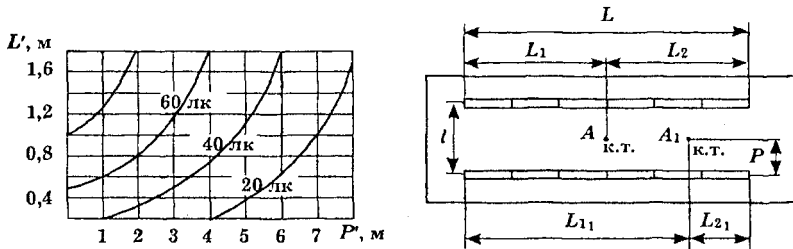


Рис. 3.10. Схема к определению относительной освещенности в контрольной точке: L — длина ряда светильников; P — расстояние от контрольной точки (к. т.) до проекции ряда на рабочую поверхность.

Для точки A относительные координаты определяются из выражений:

$$P' = \frac{L}{2} / h_p; L' = \frac{L}{2} / h_p.$$

Суммарная относительная освещенность $\Sigma \varepsilon$ в этой точке будет равна сумме от четырех ближайших светильников:

$$\Sigma \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4.$$

Для ориентировочных расчетов производственного освещения иногда используют метод удельной мощности (метод Ватт).

Удельной мощностью называется отношение мощности всей системы освещения к площади освещаемого помещения:

$$P_{уд} = \frac{P_{общ}}{S_{п}}.$$

Мощность одной лампы $P_{л}$ в этом случае рассчитывается по формуле

$$P_{л} = \frac{P_{уд} S_{п} K_3}{n}, \text{ Вт},$$

где $P_{уд}$ — удельная мощность, Вт/м²; $S_{п}$ — площадь помещения, м²; n — число ламп.

Удельная мощность $P_{уд}$ зависит от нормируемой освещенности $E_{н}$, площади помещения $S_{п}$, высоты подвеса h_c , типа светильника T_c , коэффициентов отражения потолка $\rho_{п}$, стен $\rho_{ст}$ и коэффициента запаса K_3 .

3.3. Цветовое оформление производственного интерьера

Важнейшим фактором улучшения зрительных условий труда и профилактики утомления является правильное цветовое оформление производственных помещений и их интерьера.

Установлено, что цвета могут воздействовать на человека по-разному: одни успокаивают, а другие раздражают. Например, красный цвет — возбуждающий, горячий, вызывает у человека условный рефлекс, направленный на самозащиту. Оранжевый цвет воспринимается людьми так же, как горячий, он согревает, бодрит, стимулирует к активной деятельности. Желтый — теплый, весенний, располагает к хорошему настроению. Зеленый — цвет покоя и свежести, успокаивающе действует на нервную систему, а в сочетании с желтым благотворно влияет на настроение. Синий и голубой цвета свежи и прозрачны, кажутся легкими, воздушными. Под их воздействием уменьшается физическое напряжение, они могут регулировать ритм дыхания, успокаивать пульс. Черный цвет — мрачный и тяжелый, резко снижает настроение. Белый цвет — холодный, однообразный, способный вызвать апатию.

Разностороннее эмоциональное воздействие цвета на человека позволяет широко использовать его в гигиенических целях, поэтому при

оформлении интерьера производственного помещения цвет используют как композиционное средство, обеспечивающее гармоническое единство помещения и технологического оборудования, как фактор, создающий оптимальные условия зрительной работы и способствующий повышению работоспособности, как средство информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда.

Поддержание рациональной цветовой гаммы в производственных помещениях достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр. В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнения светильников и остекленных проемов.

3.4. Защита от механических колебаний

К механическим колебаниям относятся вибрация, акустический шум, ультразвук и инфразвук.

Общим свойством этих физических процессов является то, что они связаны с переносом энергии. При определенной величине и частоте эта энергия может оказывать неблагоприятное воздействие на человека.

3.4.1. Вибрация

Вибрация — это колебательный процесс, при котором отдельные элементы механических и других систем периодически проходят через положение равновесия.

Основными физическими параметрами вибрации являются частота колебаний f (Гц), амплитуда A (м), виброскорость V (м/с) и виброускорение W (м/с²), находящиеся в следующей зависимости:

$$V = 2\pi f A, \text{ м/с}; \quad W = (2\pi f)^2 \cdot A, \text{ м/с}^2.$$

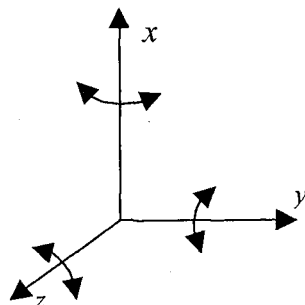


Рис. 3.11. Возможные направления вибрации

Причиной вибрации являются неуравновешенные силы воздействия. Вибрация может реализовываться в шести направлениях в соответствии с шестью степенями свободы (рис. 3.11).

Основными источниками вибраций являются электрические приводы, рабочие органы машин ударного действия, вращающиеся массы, подшипниковые узлы, зубчатые зацепления и т. д. Вибрация генерируется технологическим оборудованием: металло- и деревообрабатывающими станками, транспортными средствами, ручным электрифицированным инстру-

ментом и различными машинами. Кроме того, вибрация во многих случаях используется для интенсификации некоторых технологических процессов.

По источнику возникновения вибрация подразделяется на транспортную, возникающую в результате движения машин, транспортно-технологическую, когда одновременно с движением машина выполняет технологический процесс; технологическую, возникающую при работе стационарного оборудования и машин.

Ощущение вибрации воспринимается человеком посредством воздействия колебательных движений на кожный покров, нервно-мышечную и костную ткань.

Вибрация может оказывать двойное воздействие на организм. При высокой интенсивности и продолжительном воздействии она может вызвать тяжелое заболевание. При небольших интенсивностях и продолжительности вибрация может снизить утомляемость, повысить обмен веществ, тонус и др.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего, и локальную, передающуюся через руки.

Общая вибрация, воздействуя на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает головные боли, тошноту, появление внутренних болей, ощущение тряски внутренних органов, расстройство аппетита, нарушение сна и др.

Местная (локальная) вибрация приводит к спазмам сосудов, которые развиваются с концевых фалангов пальцев и через кисть и предплечье охватывают сосуды сердца, ухудшают периферическое кровообращение (из-за спазмов сосудов конечностей), приводят к снижению болевой чувствительности, ограничению подвижности суставов (из-за окостенения сухожилий мышц и отложения солей в суставах), атрофии мышц, нарушению обмена веществ, возникновению новообразований (костных мозолей) и др.

Наибольшую опасность представляет общая вибрация, так как на частотах 6–9 Гц возможны разрывы внутренних органов из-за резонанса.

Весь комплекс возможных нарушений здоровья человека, вызванных действием вибрации, называется *виброболезнью*, лечение которой эффективно на ранних стадиях.

Нормирование и гигиеническая оценка вибраций. Количественными характеристиками вибрации, определяющими ее воздействие на человека, являются среднеквадратичные значения виброскорости V (м/с), виброускорение W (м/с²) и логарифмические уровни виброскорости L_v (дБ) в октавных полосах частот со следующими среднегеометрическими частотами: 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500 и 1000 Гц.

Логарифмические уровни виброскорости (октавные уровни виброскорости) определяются по формуле

$$L_v = 10 \lg \frac{V^2}{V_0^2} = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \text{ дБ},$$

где V – среднеквадратичное значение виброскорости, м/с; V_0 – опорная виброскорость ($V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$, м/с).

Нормированные значения виброскорости, виброускорения и октавных уровней виброскорости регламентируются нормами отдельно для каждого установленного направления (табл. 3.3, 3.4).

Таблица 3.3. Предельно допустимые значения общей вибрации рабочих мест

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям X_0, Y_0, Z_0			
	виброскорость		виброускорение	
	м/с · 10 ⁻²	дБ	м/с ²	дБ
	1/1 окт			
2,0	1,3	108	0,14	53
4,0	0,45	99	0,10	50
8,0	0,22	93	0,10	50
16,0	0,20	92	0,20	56
31,5	0,20	92	0,40	62
63	0,20	92	0,80	68
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,2	92	0,1	50

Таблица 3.4. Предельно допустимые значения локальной производственной вибрации

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_{л}, Y_{л}, Z_{л}$			
	виброускорение		виброскорость	
	м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
8	1,4	73	2,8	115
16	1,4	73	1,4	109
31,5	2,7	79	1,4	109
63	5,4	85	1,4	109
125	10,7	91	1,4	109
250	21,3	97	1,4	109
500	42,5	103	1,4	109
1000	85,0	109	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	76	2,0	112

Методы и средства обеспечения вибробезопасных условий труда.

Основным направлением по защите персонала от вибраций являются автоматизация и механизация производственных процессов. Однако в тех случаях, когда автоматизация и механизация невозможны, используются следующие методы и средства борьбы с вибрацией.

Снижение возможности виброгенерации в источнике. Для этого при выборе кинематических и технических схем предпочтение должно отдаваться таким схемам, где динамические воздействия и вызванные ими ускорения оказываются сниженными. С этой целью, например, заменяют штамповку прессованием, клепку сваркой, ударную правку вальцовкой, кривошипно-шатунный механизм равномерно вращающимся, подшипники качения подшипниками скольжения, зубчатые (прямозубые) передачи специальными (например, косозубыми). Важным в данном случае являются балансировка вращающихся масс, выбор рабочих режимов, число оборотов, качество обработки поверхностей, наличие люфтов, зазоров, смазки и др.

Для снижения вибрации на путях ее распространения эффективны применение вибропоглощения, исключение резонансных режимов, виброгашение, виброизоляция и др.

Вибропоглощение (вибродемпфирование) реализуется путем использования материалов с большим внутренним сопротивлением (сплавы цветных металлов, полимерные и резиноподобные материалы), а также применения вибропоглощающих листовых и мастичных покрытий (с большим внутренним трением) вибрирующих поверхностей. Листовые покрытия выполняются из резинообразных материалов (винипор). Мастичные покрытия являются более прогрессивными.

Исключение резонансных режимов производится путем изменения массы m или жесткости системы q :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{m}}, \text{ Гц,}$$

где f_0 — собственная частота системы.

Виброгашение реализуется путем установки машин и агрегатов на индивидуальные основания (фундаменты), увеличения жесткости системы (например, за счет ребер жесткости), установки на систему динамических виброгасителей (для дискретного спектра).

Виброизоляция достигается посредством введения в колебательные системы упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машин к основанию, смежным элементам конструкции или к человеку. С этой целью используются различные виброизоляторы — пружинные, резино-

вые, комбинированные, а также гибкие вставки в коммуникации воздуховодов, разделение перекрытий и несущих конструкций гибкой связью и др.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом эффективности $K_{эф}$, который представляет собой отношение виброскорости V (м/с), или уровня виброскорости L_v (дБ), к значению этих величин после ее введения V_3 и L_{v3} :

$$K_{эф} = v/v_3; K_{эф} = L_v/L_{v3}.$$

В системах, генерирующих наиболее простые гармонические колебания, виброзащита считается достаточной, если отношение частоты возбуждения ω к частоте собственных колебаний системы ω_0 более 1,41 ($\omega/\omega_0 > 1,41$). В этом случае $K_{эф} > 1$. При частоте возбуждения $\omega = 1,41\omega_0$ колебания передаются без изменения ($K_{эф} = 1$), а при $\omega/\omega_0 < 1,41$ система усиливает колебания ($K_{эф} < 1$).

Для защиты от вибрации при работе с ручным механизированным электрическим и пневматическим инструментом применяются разнообразные индивидуальные средства защиты: виброзащитные рукоятки, виброзащитные рукавицы или перчатки и др. Для защиты работающих от вибрации, передаваемой через ноги, используется специальная виброзащитная обувь.

Таблица 3.5. Допустимое суммарное время непрерывного воздействия локальной вибрации на работающих за смену

Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора Δ , дБ	T_n , мин	Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора Δ , дБ	T_n , мин
1	381	7	95
2	308	8	76
3	240	9	60
4	191	10	48
5	151	11	38
6	120	12	30

Организационно-профилактические мероприятия включают в себя требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, инструктаж), ограничение времени работы с виброисточником (виброинструментом), проведение работ в помещении с температурой выше +16 °С, теплые водные процедуры для рук, специальная производственная гимнастика, витаминпрофилактика (ежедневный прием витаминов В и С), перерывы в работе (через каждый час 10–15 мин) и др.

Важной мерой профилактики виброболезней работающих является ограничение времени воздействия вибрации путем установления для лиц виброопасных профессий внутрисменного режима труда. Режим

труда устанавливается при превышении вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (4 раза).

При превышении более 12 дБ запрещается проводить работы и изменять машины, генерирующие такую вибрацию.

Периодичность контроля вибрационной нагрузки на оператора при воздействии локальной вибрации должна быть не реже двух раз в год, общей — не реже раза в год.

В табл. 3.5 приведено допустимое суммарное время непрерывного воздействия локальной вибрации на работающих за смену.

3.4.2. Акустический шум

Основные источники шума и его воздействие на организм человека.

Среди проблем оздоровления окружающей среды борьба с шумом является одной из актуальнейших. В крупных городах шум является одним из основных физических факторов, формирующих условия среды обитания.

Рост промышленного и жилищного строительства, бурное развитие различных видов транспорта, все большее применение в жилых и общественных зданиях сантехнического и инженерного оборудования, бытовой техники привели к тому, что уровни шума в жилых зонах города стали сравнимы с уровнями шума на производстве.

Шумовой режим крупных городов формируется главным образом автомобильным и рельсовым транспортом и составляет 60–70 % всех шумов. Заметное влияние на уровень шума оказывают увеличение интенсивности воздушных перевозок, появление новых мощных самолетов и вертолетов, а также железнодорожный транспорт, открытые линии метро и метро мелкого заложения.

Вместе с тем в некоторых крупных городах, где принимаются меры по улучшению шумовой обстановки, наблюдается снижение уровней шума. Так, в Минске в последние десятилетия уровень шума снижается примерно на 4 дБ в 5 лет. Это обусловлено такими причинами, как обновление транспортного парка при постоянном росте потоков грузовых и легковых перевозок, расширение сети метро и в некоторой степени сокращение объемов работы многих предприятий.

Основными источниками производственных шумов, формирующих шумовой режим в рабочей зоне и оказывающих определенное влияние на уровни шума прилегающих жилых районов, являются металло- и деревообрабатывающее оборудование, энергетические и вентиляционные установки, внутризаводской транспорт и др.

Предполагается, что тенденция роста шума в ближайшие десятилетия сохранится, что обуславливается прежде всего ростом автомо-

бильного и других видов транспорта, развитием промышленности, механизацией сельского хозяйства и др.

Шум определяется как совокупность разных по силе и частоте звуков, возникающих в результате колебательного движения частиц в упругих средах (твердых, жидких, газообразных). Звук распространяется в воздухе со скоростью 344 м/с.

Звуковые ощущения возникают в органах слуха при воздействии на них звуковых волн в диапазоне от 16 до 22 тыс. Гц.

Величина порога слышимости зависит от частоты ощущаемых звуков и равна 10^{-12} Вт/м² ($2 \cdot 10^{-5}$ Па) на частотах, близких 1000 Гц. Верхней границей является порог болевого ощущения, который в меньшей степени зависит от частоты и лежит в пределах 130–140 дБ (на частоте 1000 Гц по интенсивности 10 Вт/м², по звуковому давлению $2 \cdot 10^2$ Па).

Соотношение уровня интенсивности и частоты определяет ощущение громкости звука, т. е. звуки, имеющие разную частоту и интенсивность, могут оцениваться человеком как равногромкие. Это явление иллюстрируется кривыми равной громкости (рис. 3.12).

При восприятии звуковых сигналов на определенном акустическом фоне может наблюдаться эффект маскировки сигнала.

Эффект маскировки может отрицательно сказываться в акустических индикаторах и использоваться для улучшения акустической обстановки (например, в случае маскировки высокочастотного тона низкочастотным, который менее вреден для человека).

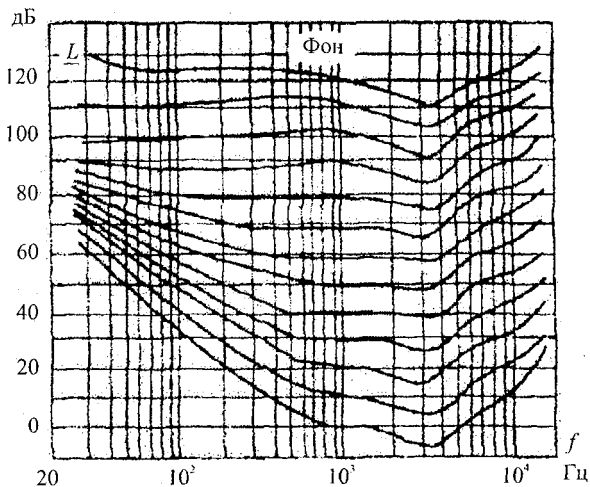


Рис 3.12. Кривые равной громкости

С биологической точки зрения шумом считается любой нежелательный звук, мешающий восприятию полезных звуков в виде сигналов и речи.

По происхождению шум бывает механическим, аэрогидродинамическим и электромагнитным.

Механический шум возникает в результате ударов в сочленяющихся частях машин, их вибрации, что имеет место при механической обработке деталей, в зубчатых передачах, подшипниках качения и т. п. Мощность звукового излучения поверхности, совершающей колебания, зависит от интенсивности колебаний вибрирующих поверхностей, размеров, формы, способов крепления и др.

Аэрогидродинамический шум появляется в результате пульсации давления в газах при их движении в трубопроводах и каналах (турбомашин, насосные агрегаты, вентиляционные системы, компрессоры и др.).

Электромагнитный шум является результатом растяжения и изгиба ферромагнитных материалов при воздействии на них переменных электромагнитных полей (электрических машин, трансформаторов, дросселей и др.).

Воздействие шума на человека проявляется от субъективного раздражения до объективных патологических нарушений функции органов слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, внутренних органов.

Характер шумового воздействия обусловлен его физическими характеристиками (уровнем, спектральным составом и др.), длительностью воздействия и психо-физиологическим состоянием человека.

Под воздействием шума снижаются внимание, работоспособность. Шум нарушает сон и отдых людей.

Все невротические и кардиологические расстройства, нарушения функций желудочно-кишечного тракта, слуха и др., которые возникают под влиянием шума, объединяются в симптоматический комплекс «шумовой болезни».

Нормирование и гигиеническая оценка шума. Слуховой анализатор человека способен воспринимать звуковые колебания в определенном диапазоне как частот, так и интенсивностей, ограниченном верхним и нижним порогами, зависящими от звуковой частоты.

Интенсивность звука I называется мощность, создаваемая источником, приходящаяся на единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука. Если источник шума находится в сфере радиуса R , то средняя интенсивность звука I_{cp} на поверхности этой сферы равна:

$$I_{\text{ср}} = \frac{P}{4\pi R^2}, \text{ Вт/м}^2,$$

где P — акустическое давление, возникающее в сфере, при прохождении звука, Н/м² (Па).

Порог слышимости имеет минимальное значение при частоте 1000 Гц. По интенсивности или силе звука I_0 он равен 10^{-12} Вт/м², а по звуковому давлению P_0 — $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Порог болевого ощущения на частоте 1000 Гц по интенсивности $I_{\text{макс}}$ равен 10 Вт/м², а по звуковому давлению $P_{\text{макс}}$ — $2 \cdot 10^2$ Па.

Для гигиенической оценки шума в качестве количественных характеристик используются не абсолютные значения интенсивности или звукового давления, а логарифмические уровни этих величин, определяемые отношением их к условному нулевому уровню, соответствующему порогу слышимости на частоте 1000 Гц (I_0 и P_0).

Логарифмические уровни интенсивности или силы звука L_I и звукового давления L_P измеряются в децибелах и определяются соответственно по формулам:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}; \quad L_P = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где I и I_0 — фактическая и пороговая интенсивности звука соответственно, Вт/м² ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²); P и P_0 — фактическое и пороговое звуковое давление соответственно, Па ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Так как на слух действует квадрат звукового давления (квадратичное давление P^2), то интенсивность или сила звука I связана с квадратичным звуковым давлением P соотношением

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \text{ Вт/м}^2,$$

где ρ — плотность среды, кг/м³; c — скорость прохождения звуковой волны, м/с.

В связи с тем что вредность шума зависит не только от его интенсивности, но и от частоты звуковых колебаний (высокочастотные шумы более вредны), при гигиенической оценке шума определяется не только общий уровень звукового давления, но и относительное распределение звуковой энергии по всей области звуковых частот.

Для этого спектр шума разбивается на отдельные частотные полосы, в каждой из которых определяется уровень звукового давления.

За ширину полосы принята октава, т. е. интервал частот, в котором высшая частота f_v в два раза больше низшей частоты f_n .

Октавный уровень звукового давления определяется на среднегеометрической частоте, которая рассчитывается по формуле

$$f_{\text{ср.г}} = \sqrt{f_v \cdot f_n}, \text{ Гц.}$$

Весь звуковой диапазон разбит на восемь октав со следующими среднегеометрическими частотами: 31,5; 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Октавные уровни звукового давления оцениваются в децибелах (дБ), а общий уровень — в децибелах на ампер (дБ · А), измеряемых по шкале «А» шумомера. В этом случае к фактическому уровню автоматически вносится поправка (коррекция) в соответствии с частотной характеристикой чувствительности слухового анализатора.

По характеру спектра шумы подразделяются на *широкополосные*, с непрерывным спектром шириной более одной октавы, и *тональные*, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона, превышающие уровень в одной полосе, по сравнению с соседними, не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шумы делятся на *постоянные*, уровень звука на которых в течение рабочего дня изменяется не более чем на 5 дБ · А, и *непостоянные*, уровень звука которых в течение рабочего дня изменяется более чем на 5 дБ · А.

Непостоянные шумы бывают колеблющиеся, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени; прерывистые, уровень звука которых резко падает до уровня фонового шума, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1 с и более, а уровень звука на 5 дБ · А и более; импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с; при этом уровни звука отличаются не менее чем на 7 дБ · А.

Допустимые уровни постоянных и непостоянных шумов регламентируются для производственных условий труда в зависимости от назначения производственного помещения или характера выполняемых работ и от характеристик шума, а для населенных мест — в зависимости от времени суток (ночное, дневное), места (внутри жилых комнат, в зоне отдыха) и вида жилого помещения.

Основным нормируемым параметром (характеристикой) постоянного шума на рабочем месте являются октавные уровни звуковых давле-

ний (дБ). Правилами допускается использование уровня звука (дБ · А) при ориентировочной оценке акустических условий.

Количественной характеристикой непостоянных шумов служит интегральный критерий — эквивалентный (по энергии) уровень звука (дБ · А), определяемый по формуле

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt,$$

где $P_A(t)$ — текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па; P_0 — исходное значение звукового давления (в воздухе $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па); T — время действия шума, ч.

Допускается в качестве характеристики постоянного шума использовать дозу шума или относительную дозу шума.

Дополнительно для колеблющегося и прерывистого шума ограничивают максимальные уровни звука (дБ · А), измеренные на временной характеристике «медленно» (≤ 110 дБ · А), а для импульсного шума — максимальный уровень звука (дБ · А), измеренный на временной характеристике «импульс» (≤ 125 дБ · А).

Допустимые уровни звука для некоторых производств и жилой зоны представлены соответственно в табл. 3.6, 3.7 и 3.8.

Таблица 3.6. Допустимые уровни звука

Назначение района застройки, территорий	Допустимые уровни звука L , дБ · А	
	$A_{\text{экв, доп}}$	
	с 7 до 23 ч	с 23 до 7 ч
Курортные и лечебно-оздоровительные районы (зоны)	40	30
Территории больниц и санаториев (вне курортных районов)	45	35
Территории и зоны массового отдыха (вне курортных районов)	50	—
Новый проектируемый жилой район города (населенного пункта)	55	45
Реконструируемый жилой район, жилой район города (населенный пункт), со сложившейся застройкой	60	50
Промышленные районы или зоны, включающие жилую застройку	65	55

Таблица 3.7. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ · А	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями; научная деятельность; конструирование и проектирование; преподавание и обучение; врачебная деятельность; рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности; административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа; рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами; рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1—4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 3.8. Допустимые уровни звука

Назначение района застройки, территорий	Допустимые уровни звука L , дБ · А $A_{экв, доп}$	
	с 7 до 23 ч	с 23 до 7 ч
<i>Учебно-оздоровительные учреждения</i>		
Палаты больниц, санаториев, операционные больницы	35	25
Кабинеты врачей больниц, санаториев, поликлиник, провизорские аптеки	35	35
Территории больниц и санаториев	45	35
Жилые помещения домов отдыха и пансионатов	40	30
<i>Жилые здания</i>		
Жилые комнаты квартир	40	30
Жилые комнаты в общежитиях и гостиницах	45	35
Территории жилой застройки в 2 м от здания	55	45
<i>Места отдыха</i>		
Площади отдыха в микрорайоне, сады, парки (зоны тихого отдыха)	45	—
<i>Детские дошкольные и школьные учреждения</i>		
Спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	40	30
Классы в школах	40	—
Игровые площадки детских дошкольных учреждений	45	—
Пришкольные участки	50	—
<i>Зрелищные учреждения</i>		
Зрительные залы концертных залов и театров	35	—
Зрительные залы кинотеатров	40	—
Фойе театров и кинотеатров	55	—
Летние кинотеатры	45	—
<i>Спортивные сооружения в микрорайонах и парках</i>		
Спортивные площадки	55	—
Спортивные залы	50	—
Стадионы	60	—
<i>Учебные заведения, проектные и научно-исследовательские учреждения, административные здания</i>		
Конференц-залы, аудитории	40	—
Помещения управлений и конструкторских бюро в административных зданиях	50	—
<i>Учреждения торговли и общественного питания</i>		
Залы кафе, ресторанов, столовых	55	—
Торговые залы магазинов, летние кафе	60	—
<i>Учреждения обслуживающего назначения</i>		
Приемные пункты предприятий бытового обслуживания, парикмахерские	60	—

Примечания. 1. В зависимости от условий и места расположения объекта в нормативные показатели таблицы следует вносить поправки: курортный район — 5 дБ · А; новый проектируемый городской или жилой район ±0,5 дБ · А; жилая застройка, расположенная в существующей (сложившейся) застройке, +5 дБ · А.

2. Эквивалентные уровни (дБ · А) для шума, создаваемого средствами транспорта (автомобильного, железнодорожного, воздушного) в 2 м от ограждающих конструкций зданий, обращенных в сторону источников шума, допускается принимать на 10 дБ · А выше уровней звука, указанных в табл. 3.8 (для жилых зданий).

Гигиеническая оценка шума на рабочих местах или в жилой зоне осуществляется на основании измерения или акустического расчета (при прогнозировании шумовой обстановки) количественных характеристик шума в контрольных точках и сравнения их уровней с допустимыми.

Расчет уровней шума (октавных уровней звукового давления) на рабочих местах при наличии одного источника осуществляется по формулам:

а) в зоне прямого и отраженного звука:

$$L = L_w + 10 \lg \left(\frac{K \cdot \Phi}{S} + \frac{4 \cdot \Psi}{B} \right);$$

б) в зоне прямого звука:

$$L = L_w + 10 \lg \frac{K \cdot \Phi}{S};$$

в) в зоне отраженного звука:

$$L = L_w - 10 \lg \frac{\Psi}{B} + 6,$$

где L_w — октавный уровень звуковой мощности, дБ ($L_w = 10 \lg \frac{w}{w_0}$, дБ, где w — звуковая мощность источника, Вт; w_0 — опорная звуковая мощность, равная 10^{-12} Вт); K — коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля (определяется по графику), зависит от расстояния между акустическим центром и контрольной точкой (местом измерения); S — площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник, м²; B — постоянная помещения, м², определяется в зависимости от объема

помещения V , коэффициента отражения ограждающих поверхностей α ($B = \alpha \cdot A$), где A — эквивалентная площадь звукопоглощения, m^2 , $A = \alpha \cdot S$ или $A = V/T$, где S — площадь ограждающих поверхностей; α — коэффициент звукопоглощения этих поверхностей; T — время реверберации данного помещения, с; ψ — коэффициент, учитывающий нарушение диффузности поля; Φ — фактор направленности источника шума. $\Phi = P_i^2 / P_{cp}^2$, где P_i — звуковое давление, измеренное на определенном расстоянии от источника в заданном направлении, Па; P_{cp} — звуковое давление, усредненное по всем направлениям на том же расстоянии:

$$P_{cp}^2 = \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_n^2}{n},$$

где n — количество измерений.

При наличии в помещении нескольких n источников шума с различными шумовыми характеристиками (L_w , Φ , ПН — показатель направленности, определяемый как ПН = $10 \lg \Phi$) общий октавный уровень звукового давления L_s определяется по формуле:

$$L_s = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}).$$

Если в помещении имеется n источников шума с одинаковыми шумовыми характеристиками, то суммарный октавный уровень звукового давления можно определить из выражения:

$$L_s = L_1 + 10 \lg n.$$

Принципы, методы и средства борьбы с шумом. Для защиты от шума применяются следующие основные принципы: снижение шума в источнике, ослабление его на пути распространения и применение административных (организационных) мер.

Устранения или ослабления шума в источнике достигают посредством применения ряда конструктивных и технологических методов, в том числе замены механизмов ударного действия безударными; возвратно-поступательных движений вращательными; подшипников качения подшипниками скольжения; металлических деталей деталями из пластмасс или других незвучных материалов; соблюдением минимальных допусков в сочленениях; балансировки движущихся деталей и вращающихся масс, смазки, замены зубчатых передач клиноременными и гидравлическими и др.

Так, замена прямозубых шестерен шевронными дает снижение шума на 4–5 дБ, зубчатых и цепных передач клиноременными и зубчато-ре-

менными — на 8–10 дБ, подшипников качения на подшипники скольжения — на 12–14 дБ. Применение текстолитовых или капроновых шестерен в паре со стальными позволяет снизить шум на 9–11 дБ.

Ослабление шума на пути распространения достигается с помощью звукоизоляции, звукопоглощения и применения архитектурно-планировочных и строительно-акустических методов.

На производстве звукоизоляция реализуется с помощью устройства различных преград на пути распространения звуковых волн: кожухов, акустических экранов, кабин, выгородок, звукоизолирующих перегородок между помещениями и др. В жилой зоне с этой целью используют естественные или искусственные экраны.

Звукоизолирующая способность преграды ЗИ зависит от поверхностной плотности перегородки G , ($\text{кг}/\text{м}^2$), частоты звука f , (Гц) и определяется по формуле

$$\text{ЗИ} = 20 \lg(G \cdot f) - 47,5 \text{ дБ.}$$

Звукопоглощение используется для снижения отражения звуковой энергии от поверхностей преграды, а также для увеличения звукопоглощающего фонда внутри производственных и других помещений и улучшения их акустических характеристик (сокращения времени реверберации).

Для звукопоглощения используются пористо-волоконные материалы, звукопоглощающие свойства которых зависят от структуры материала, толщины слоя, частоты звука и наличия воздушного промежутка между слоем материала и отражающей стенкой.

В пористых материалах энергия звуковых волн частично переходит в тепловую за счет трения воздуха в порах и рассеивается. В качестве звукопоглощающих материалов и устройств применяют ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральную вату, пористый поливинилхлорид, древесноволокнистые и минераловатные плиты на различных связках с окрашенной и перфорированной поверхностью.

Улучшения характеристик производственных и иных помещений добиваются увеличением их эквивалентной площади звукопоглощения путем размещения на их внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок, а также использованием штучных звукопоглотителей и кулис, представляющих собой объемные емкости различной формы, заполненные звукопоглощающим материалом и подвешиваемые к потолку равномерно по помещению или над источниками шума (рис. 3.13).

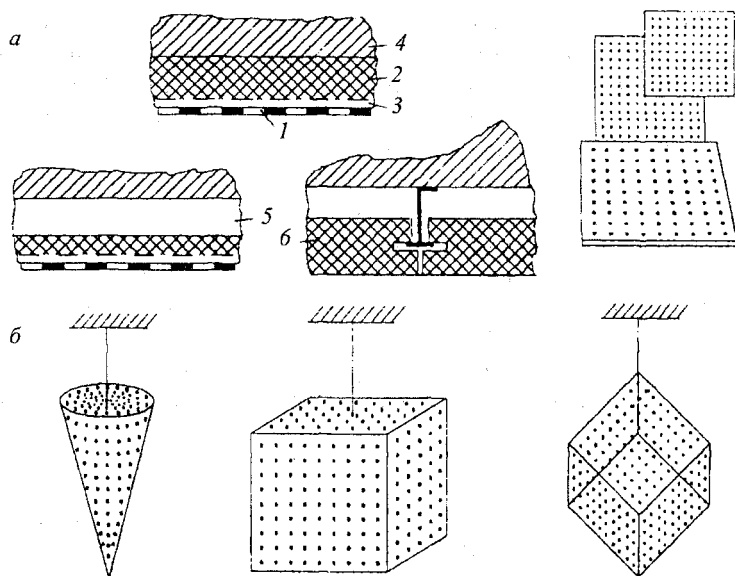


Рис. 3.13. Акустическая обработка помещений: 1 — защитный перфорированный слой; 2 — звукопоглощающий материал; 3 — защитная стеклоткань; 4 — стена или потолок; 5 — воздушный промежуток; 6 — плита из звукопоглощающего материала

Наибольший эффект при акустической обработке помещений достигается в точках, расположенных в зоне отраженного звука. При этом акустически обработанная поверхность должна составлять не менее 60 % от общей площади ограничивающих поверхностей.

В узких и высоких помещениях целесообразно облицовку размещать на стенках, оставляя нижние части стен (до 2 м высотой) необлицованными, либо проектировать конструкцию звукопоглощающего подвесного потолка.

Если площадь поверхностей, на которых возможно размещение звукопоглощающей облицовки, мала, рекомендуется применять дополнительно штучные поглотители, подвешивая их как можно ближе к источнику шума, либо предусматривать устройство щитов в виде звукопоглощающих кулис.

Эффективность акустической обработки помещения (в зоне отраженного звука) определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{B_2}{B_1}, \text{ дБ,}$$

где B_1 и B_2 — постоянные помещения до и после облицовки. $B_1 = A_1(1 - \alpha_1)$, где A_1 — эквивалентная площадь звукопоглощения до проведения акустической обработки помещения (м^2) и может быть определена по времени реверберации помещения T , с: $A = V/T$, где V — объем помещения, м^3 ; α_1 — средний коэффициент звукопоглощения. $\alpha_1 = A_1/S_n$, где S_n — площадь внутренних поверхностей помещения до облицовки. $B_2 = A_2(1 - \alpha_2)$, м^2 , где A_2 — эквивалентная площадь звукопоглощения помещения после его акустической обработки, равная $A_2 = \Delta A + A_1$, где ΔA — добавочное поглощение, вносимое акустической обработкой ($\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}$); α_2 — средний коэффициент звукопоглощения после обработки помещения ($\alpha_2 = A_2/S_n$).

Архитектурно-планировочные меры, применяемые для улучшения шумового режима в жилых районах, включают в себя ряд таких градостроительных приемов, как вынос из селитебных зон шумных промышленных объектов; использование территориальных разрывов между источниками шума и жилой застройкой; районирование и зонирование жилых территорий и объектов с учетом интенсивности источников шума; использование рельефа местности, специальных искусственных экранов-выемок, насыпей, экранов-стенок, экранов-зданий жилого и нежилого типа, озеленения и др.

Строительно-акустические методы включают в себя различные конструктивные и строительные средства: планировку помещений; использование звукопоглощающих конструкций (стен, перекрытий, окон и др.); снижение шума санитарно-технического оборудования и др.

Административные меры заключаются в регламентировании работ промышленных объектов, отдельных агрегатов, машин и оборудования, особой организации движения транспорта и т. п.

В качестве средств для временной защиты людей от шума и в случаях, когда применение других методов борьбы с шумом недостаточно, используются индивидуальные средства. Они бывают внутреннего и наружного типов. К внутренним относятся вкладыши, закладываемые в слуховой канал уха, а к наружным — наушники, шлемы, каски, которые с помощью оголовья удерживаются на голове.

Вкладыши бывают многократного (определенной формы и размеров) и однократного использования. Вкладыши многократного использования изготавливаются из эластичных материалов (литая или пористая резина, пластмассы, эбонит и др.), а для однократного — из рыхлых и легко деформируемых материалов (хлопковая вата, ультратонкое волокно и др.).

Вкладыши многократного использования более эффективны по сравнению с вкладышами однократного пользования, однако последние более удобны в эксплуатации — облегчают их подбор, не вызывают болевых ощущений и раздражений кожи наружного слухового прохода.

Противошумные наушники, шлемы и каски более эффективны, чем вкладыши. Они плотно прилегают к голове вокруг слуховых каналов (что достигается наличием эластичных уплотнительных валиков по краям чашек наушников), создают минимальное раздражающее действие. Однако применять их рекомендуется при высоких уровнях шума (более 120 дБ). Это вызвано тем, что использование их более двух часов может вызывать сильное раздражающее действие.

Основными методами борьбы с аэродинамическими шумами являются установка глушителей в сечениях истечения газов и звукоизоляция источника, поскольку их снижение в источнике оборудования мало эффективно.

Для снижения шума аэродинамических установок и устройств (вентиляционные установки, воздухопроводы, пневмоинструмент, газотурбины, компрессоры и др.) применяются поглощающие (активные), отражающие (реактивные) и комбинированные глушители шума (рис. 3.14).

В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. Наиболее распространенным элементом активных глушителей являются облицованные каналы круглого и прямоугольного сечения. Такие глушители называют трубчатыми. Для того чтобы достичь большей эффективности снижения звука, в канале располагают звукопоглощающие пластины, цилиндры, соты. Такие глушители называют соответственно пластинчатыми, цилиндрическими и сотовыми. Если канал состоит из отдельных камер, то глушители называют камерными.

В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с воздухопроводом. Внутренние поверхности этих камер могут облицовываться звукопоглощающим материалом, тогда в низкочастотной области они работают как отражатели, а в высокочастотной — как поглотители звука. Таким образом, в комбинированных глушителях добиваются снижения шума как за счет поглощения, так и за счет отражения.

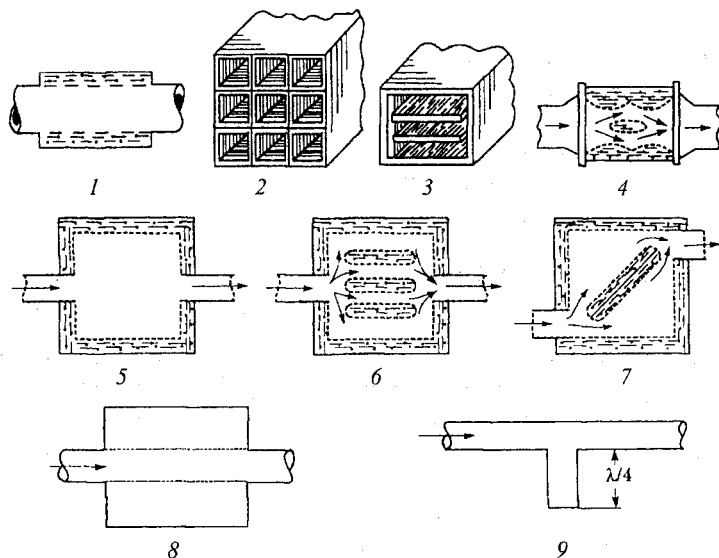


Рис. 3.14. Глушители шума: 1, 2, 3, 4 — соответственно трубчатые, сотовые, пластинчатые и цилиндрические; 5, 6, 7 — камерные; 8, 9 — резонансные

Борьба с шумами электромагнитного происхождения заключается в более плотной прессовке пакетов магнитопроводов (трансформаторов, дросселей и др.) и в применении демпфирующих материалов.

3.4.3. Защита от ультра- и инфразвука

Звуковые колебания с частотой более 16–20 кГц называют *ультразвуковыми*.

В последние десятилетия ультразвук получила широкое применение в медицине для диагностики и лечения различных заболеваний, в промышленности для очистки деталей, прошивки мелких отверстий, сварки миниатюрных узлов, ускорения химических реакций и электролитических процессов, в сельском хозяйстве для обработки семян перед посевом и др.

Плотность энергии ультразвуковых колебаний и волн в миллионы раз больше плотности звуковой энергии слышимых звуков, поэтому они сильнее воздействуют на организм человека.

Систематическое воздействие на человека ультразвука больших уровней (100–120 дБ) может вызвать быструю утомляемость, боль в

ушах, головную боль, функциональные нарушения нервной и сердечно-сосудистой систем, изменение давления, состава и свойств крови.

Ультразвук может действовать на человека как через воздушную, так и через жидкую и твердую среду.

Допустимые уровни звукового давления в среднегеометрических частотах соответственно равны:

12 500 Гц	75 дБ
16 000 Гц	85 дБ
20 000 Гц и выше	110 дБ

Вредное воздействие ультразвука на организм человека может быть устранено или снижено путем повышения рабочих частот, исключения паразитного излучения звуковой энергии, применения звукоизолирующих кожухов и экранов, механизации и автоматизации процессов, использования дистанционного управления ультразвуковыми технологическими установками. Важное значение имеют организационно-планировочные мероприятия (обучение, инструктаж, рационализация режима труда и отдыха и др.).

Используемые для защиты от ультразвука кожухи и экраны изготавливаются из листовой стали, дюралюминия (толщиной 1 мм), текстолита или гетинакса (толщиной 5 мм), эластичные кожухи — из нескольких слоев резины общей толщиной 3–5 мм. Экраны могут быть прозрачными.

Защита от действия ультразвука при контактном воздействии состоит в принятии мер, позволяющих исключить контакт работающего с источником. Так, загрузку и выгрузку изделий следует производить при выключенном источнике ультразвука, а в случаях, когда выключение установки нежелательно, применяют специальные приспособления и индивидуальные средства защиты (ручки с виброизолирующим покрытием, резиновые перчатки и др.).

Инфразвук — это упругие волны, аналогичные звуковым, низкой частоты, не слышимые человеком. За верхнюю границу инфразвуковой области принимают частоты 16–20 Гц.

Инфразвуковые колебания в природе генерируются землетрясениями, извержениями вулканов, морскими бурями и штормами. Они содержатся в шуме атмосферы и леса. Их источниками являются также грозовые разряды, взрывы и орудийные выстрелы, в сфере производства — крупногабаритные машины и механизмы (турбины, компрессоры, промышленные вентиляционные установ-

ки, холодновысадочное и штамповочное оборудование, кузнечное производство и др.).

Инфразвуковые колебания из-за большой длины волны характеризуются незначительным поглощением, поэтому инфразвуковые волны в воздухе, воде и земной коре могут распространяться на очень большие расстояния, что используется как предвестник стихийных бедствий. В конце 60-х гг. XX в. французский исследователь Д. Гавро обнаружил, что инфразвук определенных частот может вызвать у человека чувство тревоги и беспокойства. Слабые инфразвуки действуют на вестибулярный аппарат и вызывают ощущение морской болезни.

Длительное воздействие инфразвуковых колебаний на организм человека приводит к появлению утомляемости, головокружению, нарушению сна, психическим расстройствам, нарушению периферического кровообращения, функции центральной нервной системы и пищеварения. Колебания с уровнем звукового давления более 120–130 дБ в диапазоне частот от 2 до 10 Гц могут приводить к резонансным явлениям в организме.

Для органов дыхания опасны колебания с частотой 1–3 Гц, для сердца — 3–5 Гц, для биотоков мозга — 8 Гц, для желудка — 5–9 Гц.

Опасность инфразвука усугубляется тем, что колебания, имея большую длину, распространяются на большие расстояния без заметного ослабления.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц должны быть не более 105 дБ, а в полосе с частотой 32 Гц — не более 102 дБ.

Снижение неблагоприятного воздействия инфразвука достигается комплексом инженерно-технических и медицинских мероприятий, из которых основными являются устранение причин генерации инфразвука в источнике оборудования (повышение жесткости конструкций больших размеров), устранение низкочастотных вибраций, применение глушителей реактивного типа (резонансных и камерных), индивидуальные средства защиты (специальные противошумы) и проведение медицинской профилактики (предварительных и периодических медицинских осмотров).

Первостепенное значение в борьбе с инфразвуком имеют методы, снижающие его возникновение и ослабление в источнике, так как методы, использующие звукоизоляцию и звукопоглощение, малоэффективны.

3.5. Защита от неионизирующих электромагнитных излучений

3.5.1. Естественные и искусственные источники электромагнитных полей

Одним из биологически значимых физических факторов, определяющих экологическую ситуацию на Земле, являются электромагнитные излучения различного происхождения и различных диапазонов частот.

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет собой особую форму материи. Всякая электрически заряженная частица окружена электромагнитным полем, составляющим с ней единое целое. ЭМП может существовать и в свободном, отделенном от заряженных частиц состоянии в виде движущихся со скоростью, близкой к 300 км/с, фотонов или вообще в виде излучений с этой скоростью электромагнитных волн.

Спектр электромагнитных колебаний по частоте охватывает свыше 20 порядков, от $5 \cdot 10^{-3}$ до 10^{21} Гц. В зависимости от энергии фотонов его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

Движущееся ЭМП (электромагнитное излучение — ЭМИ) характеризуется векторами напряженности электрического E и магнитного H полей, которые отражают силовые свойства ЭМП.

В электромагнитной волне векторы E и H всегда взаимно перпендикулярны. В вакууме и в воздухе $E = 377 H$. Длина волны λ , частота колебаний f и скорость распространения электромагнитных волн в воздухе связаны соотношением

$$c = \lambda \cdot f.$$

Например, для промышленной частоты $f = 50$ Гц длина волны $\lambda = 300/50 = 6$ км.

Около источника ЭМП выделяют ближнюю зону, или зону индукции, которая находится на расстоянии $r \leq \lambda/2\pi$, и дальнюю зону, или зону излучения, в которой $r > \lambda/2\pi$. В зоне индукции электрическое и магнитное поля можно считать независимыми одно от другого, поэтому количественными характеристиками поля в этой зоне являются напряженность электрической E и магнитной H составляющих. В зоне измерения (волновой зоне), где уже сформировалась бегущая электромагнитная волна, наиболее важным параметром является плотность потока энергии (интенсивность) (ППЭ), которая в общем виде опре-

деляется векторным произведением E и H , а для сферических волн при распространении в воздухе может быть выражена в виде:

$$\text{ППЭ}(\Pi) = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi \cdot r^2}, \text{ Вт/м}^2,$$

где $P_{\text{ист}}$ — мощность излучения; r — расстояние от источника.

Многие тысячелетия электромагнитный фон Земли формировался главным образом естественными источниками, основными из которых являются геоэлектрическое и геомагнитное поля, излучения космического, солнечного и околоземного происхождения, а также излучения живых организмов.

Электрическое поле Земли направлено перпендикулярно к земной поверхности, заряженной отрицательно относительно верхних слоев атмосферы. У поверхности Земли напряженность его составляет порядка 130 В/м и с высотой убывает приблизительно по экспоненциальному закону. На высоте около 9 км напряженность уменьшается до 5 В/м.

Годовые изменения электрического поля Земли сходны по характеру на всем земном шаре и достигают максимума в январе-феврале (до 150–250 В/м) и минимума в июне-июле (100–120 В/м). Суточные вариации обусловлены в основном грозовой деятельностью как по земному шару, так и местной грозовой активностью.

Частотный спектр атмосферного электричества простирается в диапазоне от сотен герц (Гц) до десятков мегагерц (МГц). Максимум интенсивности (напряженности) близок к 10 кГц. Интенсивность грозовой деятельности всегда и везде минимальна в утренние часы и повышается к ночи. В холодное время максимум отмечается среди ночи, в теплое — в 15–18 часов. Во время вспышек на Солнце интенсивность грозовой деятельности усиливается.

Магнитное поле Земли характеризуется двумя параметрами — горизонтальной и вертикальной составляющими.

Горизонтальная составляющая имеет максимальную напряженность у экватора (20–30 А/м), которая убывает к полюсам до единиц А/м.

Вертикальная составляющая у полюсов имеет напряженность порядка 50–60 А/м, уменьшаясь у экватора до пренебрежительно малой величины.

При высокой солнечной активности к Земле могут подходить высокоэнергетические частицы солнечной плазмы. Они вызывают магнитные бури, нарушающие структуру геомагнитного поля (магнитосферу).

Спектр космического и солнечного излучения занимает область приблизительно от 10 МГц до 10 ГГц. В «спокойном» состоянии интенсивность (плотность истока энергии) солнечного излучения находится в пределах $10^{-10} - 10^{-8}$ Вт/м². Во время вспышек излучение усиливается в несколько раз.

Спектр и интенсивность излучения галактик близки к спектру и интенсивности солнечного излучения.

Электромагнитная энергия различных диапазонов частот в последнее время широко применяется в промышленности, науке, быту. Высокие и ультравысокие частоты используются в радиосвязи, радиовещании, телевидении, промышленных установках и технологических процессах для нагрева, закалки иковки металла, термической обработки диэлектриков и полупроводников. Сверхвысокие частоты применяются в радиолокации различного назначения, ядерной физике, медицине, промышленности, быту, системах наземной и спутниковой связи и других коммуникационных системах (сотовая связь и др.).

В связи с этим значительное воздействие на электромагнитный фон Земли стали оказывать искусственные источники электромагнитного поля. В результате уже в последнее время практически все население земного шара в большей или меньшей степени подвергается воздействию надфоновых уровней ЭМП.

В процессе эволюционного развития все живые существа на Земле приспособились к определенным изменениям природных электромагнитных полей и, по мнению большинства исследователей, вынуждены были выработать по отношению к ним не только защитные механизмы, но и в какой-то степени включить их в свою жизнедеятельность. Таким образом, увеличение или уменьшение параметров ЭМП, значительно отличающихся от адекватных, могут вызвать в организмах функциональные сдвиги, в ряде случаев перерастающие в патологические.

О биологической значимости ЭМП свидетельствуют как давние наблюдения, так и экспериментальные исследования на разном уровне организации биологических систем. При этом установлено, что воздействие искусственных ЭМП на биообъекты обусловлено не только энергетическими, но и его информационными характеристиками, вызывая тепловое и нетепловое действие.

Тепловой механизм воздействия современная теория признает при относительно высоких уровнях (например, в диапазоне сверхвысоких частот это более 1 мВт/см²). Информационные биоэффекты проявляются при более низких уровнях ЭМП. В этом случае механизмы воздействия ЭМП еще мало изучены, хотя достоверно установлено, что

на биологическую реакцию в таких случаях кроме интенсивности влияют частота и комбинация частот излучения, продолжительность облучения, модуляция сигнала, периодичность действия и др. Сочетание этих параметров может привести к существенно различающимся реакциям и последствиям облучаемого организма.

Многочисленные исследования позволили установить, что наиболее чувствительны к действию ЭМП нервная, сердечно-сосудистая, иммунная и эндокринная системы. При этом выявлена повышенная опасность ЭМП для растущих организмов, а также людей с заболеваниями данных критических систем организма.

При хроническом облучении более ранние и более выраженные реакции обнаруживаются со стороны нервной системы, на уровне нервной клетки и структурных образований по передаче нервных импульсов. Изменяется проницаемость гематоэнцефалического барьера, угнетается высшая нервная деятельность. Психоневрологические симптомы проявляются в виде постоянной головной боли, повышенной утомляемости, слабости, нарушений сна, повышенной раздражительности, ослабления памяти и внимания, могут развиваться стрессовые реакции. При многолетнем облучении биоэффекты могут накапливаться, в результате чего возможно развитие отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы в центральной нервной системе, опухоли мозга, лейкозы, гормональные заболевания и др.

Нарушение функции сердечно-сосудистой системы чаще всего проявляется в виде нейроциркуляторной дистонии, склонности к гипотонии, болей в области сердца и др. Возможны фазовые изменения и состава периферической крови с последующим развитием умеренной лейкопении, нейтропении и эритроцитопении.

В развитии информационных (нетепловых) реакций организма важную роль играют некоторые формы модуляции, возможность возникновения так называемых резонансных эффектов, наличие частотных и амплитудных окон, обладающих высокой биологической активностью на клеточном уровне, при воздействии ЭМП на центральную нервную и иммунную системы.

Воздействие ЭМП незначительных интенсивностей на фоне действия физических и химических факторов усугубляет негативные последствия, а при некоторых их сочетаниях могут развиваться ярко выраженные патологические реакции.

При длительном воздействии СВЧ-излучений могут иметь место изменения в крови, помутнение хрусталика (катаракта), трофические нарушения (выпадение волос, похудение, ломкость ногтей) и др.

Таким образом, признанная биологическая значимость ЭМП, всевозрастающая роль искусственных источников ЭМП в формировании электромагнитной обстановки в производственной и окружающей среде являются важными предпосылками для освоения будущими специалистами и руководителями производств методик гигиенической оценки и прогнозирования электромагнитных полей в рабочей зоне и на жилой территории, определения санитарно-защитных зон и применения других инженерно-технических способов и средств по снижению вредного воздействия ЭМП на организм человека.

3.5.2. Гигиеническая оценка и нормирование ЭМП в производственных условиях

Гигиеническая оценка электромагнитного поля заключается в измерении или расчете (при прогнозировании) ожидаемых уровней нормируемых энергетических характеристик поля (напряженностей электрической E , В/м и магнитной H , А/м составляющих) в диапазонах высоких (30 кГц — 30 МГц) и ультравысоких (30 — 300 МГц) частот и плотности потока энергии ППЭ, Вт/м² (мкВт/см²) в диапазоне сверхвысоких частот (300 МГц — 300 ГГц) и сравнении их фактических значений на рабочих местах (в рабочей зоне) с предельно допустимыми $E_{\text{пд}}$, $H_{\text{пд}}$, ППЭ_{пд} в зависимости от продолжительности воздействия.

Достоверная оценка опасности и вредности электромагнитного поля на производстве позволяет определить необходимость проведения профилактических мероприятий против их вредного воздействия на организм людей и применения способов и средств защиты.

Рассчитанные значения нормируемых энергетических характеристик поля допускается использовать для его гигиенической оценки на планируемых производствах или объектах с источниками электромагнитных излучений, т. е. для прогнозирования электромагнитной обстановки в том или ином производственном помещении или жилой зоне.

Расчетные формулы для определения E , H , ППЭ представлены в табл. 3.9.

Для одиночного прямолинейного проводника с током напряженностью магнитного поля H можно определить по закону полного тока $H = I/2\pi \cdot r$, где I — ток, А; r — расстояние от проводника до рассматриваемой точки, м. (Например, при токе в однофазной сети, равном 3А, и при условии, что обратный провод находится на достаточно большом расстоянии, чтобы его полем можно было бы пренебречь, на расстоянии 0,05 м напряженность будет равна $H = 3/2\pi \cdot 0,05 \approx 10$ А/м,

что при длительном воздействии, как считается в последнее время, представляется небезвредным.)

Таблица 3.9. Расчетные формулы для определения E , H , ППЭ

Частота ЭМП	Формулы для расчета нормируемых параметров	Обозначения
От 30 кГц до 300 МГц	$E = \frac{I \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varpi \cdot r^3}, \text{ В/м}$ $H = \frac{I \cdot L}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \text{ А/м}$	I , А — ток в проводнике (антенне); L , м — длина проводника (антенны); ε , Ф/м — диэлектрическая проницаемость среды; ϖ , рад/с — круговая частота поля
От 300 МГц до 300 ГГц	$\text{ППЭ} \approx \frac{P_{\text{изл}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \Phi_3,$ Вт/м^2 $\text{ППЭ} \approx \frac{P_{\text{изл}} \cdot g}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \Phi_3,$ Вт/м^2	$P_{\text{изл}}$, Вт — излучаемая мощность; r , м — расстояние до излучателя; g — коэффициент усиления антенны; Φ_3 — фактор земли, зависящий от типа передатчика и характеристики трассы

В диапазоне частот 300 Гц — 30 кГц устанавливаются фиксированные значения предельно допустимых уровней, равные их электрической составляющей 1000 В/м (для условий шахт — 500 В/м), по магнитной составляющей — 25 А/м.

Для персонала предельно допустимое значение E и H в диапазоне частот 30 кГц — 300 МГц на рабочем месте следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:

$$E_{\text{пд}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E_{\text{пд}}}}{T}}, \quad H_{\text{пд}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H_{\text{пд}}}}{T}},$$

где T — время воздействия, ч; $\text{ЭН}_{E_{\text{пд}}}$, (В/м)²·ч и $\text{ЭН}_{H_{\text{пд}}}$, (А/м)²·ч — предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня (табл. 3.10).

Для диапазона 30 кГц — 300 ГГц при воздействии на персонал ЭМП от нескольких источников, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены единые предельно допустимые уровни, следует определять суммарную нагрузку при равных ПДУ по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{E_1} + \text{ЭН}_{E_2} + \dots + \text{ЭН}_{E_n} &\leq \text{ЭН}_{E_{\text{на}}}; \\ \text{ЭН}_{H_1} + \text{ЭН}_{H_2} + \dots + \text{ЭН}_{H_n} &\leq \text{ЭН}_{H_{\text{на}}}; \\ \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_1} + \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_2} + \dots + \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_n} &\leq \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{на}}}. \end{aligned}$$

Таблица 3.10. Предельно допустимые значения энергетической нагрузки

Параметр	Предельные значения в диапазоне частот, МГц		
	От 0,03 до 3,0	Свыше 3 до 30	Свыше 30 до 300
$\text{ЭН}_{E_{\text{вч}}}, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20 000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{\text{вч}}}, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	—	—

При наличии источников, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены разные значения ПДУ, безопасность воздействия ЭМП оценивается суммой отношений энергетических нагрузок, создаваемых каждым источником и соответствующих предельно допустимым значениям параметра:

$$\frac{\text{ЭН}_{E_1}}{\text{ЭН}_{E_{\text{дп1}}}} + \frac{\text{ЭН}_{E_2}}{\text{ЭН}_{E_{\text{дп2}}}} + \dots + \frac{\text{ЭН}_{E_n}}{\text{ЭН}_{E_{\text{дпn}}}} \leq 1.$$

При воздействии на персонал ЭМП с различными нормируемыми параметрами безопасность воздействия оценивается по критерию:

$$\frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}}{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{на}}}} + \frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{\text{на}}}} \leq 1;$$

$$\frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}}{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{на}}}} + \frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{\text{на}}}} \leq 1.$$

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне от 0,03 до 3,0 МГц следует считать допустимым при условии

$$\frac{\text{ЭН}_H}{\text{ЭН}_{H_{\text{на}}}} + \frac{\text{ЭН}_E}{\text{ЭН}_{E_{\text{на}}}} \leq 1.$$

Предельно допустимые значения ППЭ в диапазоне частот 300 МГц — 300 ГГц следует определять исходя из допустимой энергетической на-

грузки ($\text{ЭП}_{\text{ППЭ}_{\text{нд}}}$, равной $2 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ или $200 \text{ мкВт}\cdot\text{ч}/\text{см}^2$) и времени воздействия T , ч по формуле

$$\text{ППЭ}_{\text{нд}} = K \cdot \frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{нд}}}}{T},$$

где K — коэффициент ослабления биологической активности, равный 1 (единице) для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн, и 10 (десяти) — для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50.

При этом максимально допустимое значение $\text{ППЭ}_{\text{нд}}$ установлено равным $1000 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ для персонала и $10 \text{ мВт}/\text{см}^2$ для населения (непрофессиональное воздействие).

В связи с широким распространением в последнее время систем сотовой радиосвязи для пользователей мобильных телефонов значение $\text{ППЭ}_{\text{нд}}$ установлено равным $100 \text{ мкВт}/\text{см}^2$.

Для электрического поля промышленной частоты (50 — 60 Гц) предельно допустимый уровень напряженности электрического поля, пребывание в котором не допускается без применения средств защиты, равен $25 \text{ кВ}/\text{м}$. При напряженности свыше $20 \text{ кВ}/\text{м}$ время пребывания персонала в поле не должно превышать 10 мин. Допускается пребывание персонала без средств защиты в течение всего рабочего дня в электрическом поле напряженностью до $5 \text{ кВ}/\text{м}$. В интервале свыше $5 \text{ кВ}/\text{м}$ до $20 \text{ кВ}/\text{м}$ включительно допустимое время пребывания $t_{\text{нд}}$ определяется по формуле

$$t_{\text{нд}} = 50/E - 2,$$

где E — напряженность воздействующего электрического поля в контролируемой зоне, $\text{кВ}/\text{м}$.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с разной напряженностью электрического поля допустимое время пребывания вычисляется по формуле

$$t_{\text{нд}} \leq 8 \left(\frac{t_1}{t_{\text{нд}_1}} + \frac{t_2}{t_{\text{нд}_2}} + \dots + \frac{t_n}{t_{\text{нд}_n}} \right),$$

где $t_1, t_2, t_n, t_{\text{нд}_1}, t_{\text{нд}_2}, t_{\text{нд}_n}$ — фактическое и допустимое время пребывания в зонах с напряженностью E_1, E_2, E_n . При необходимости определения напряженности электрического поля при заданном времени пребывания в нем уровень напряженности ($\text{кВ}/\text{м}$) вычисляется по формуле

$$E \leq \frac{50}{(t+2)},$$

где t — время пребывания в электрическом поле, ч. Предельно допустимое значение напряженности электрического поля внутри зданий $E_{\text{пд}} \leq 0,5$ кВ/м, а на территории зоны жилой застройки — 1000 В/м.

3.5.3. Способы и средства защиты от электромагнитных полей

При выборе защиты персонала от электромагнитных излучений необходимо учитывать особенности производства, условия эксплуатации оборудования, рабочий диапазон частот, характер выполняемых работ, интенсивность поля, продолжительность облучения и др.

Для снижения интенсивности поля в рабочей зоне рекомендуется применять различные инженерно-технические способы и средства, а также организационные и лечебно-профилактические мероприятия.

В качестве инженерно-технических методов и средств применяются: экранирование излучателей, помещений и рабочих мест; уменьшение напряженности и плотности потока энергии в рабочей зоне за счет уменьшения мощности источника (если позволяют технические условия) и использование ослабителей (аттенуаторов) мощности и согласованных нагрузок (например, эквивалентов антенн); средства индивидуальной защиты.

При экранировании используются такие явления, как поглощение электромагнитной энергии материалом экрана и ее отражение от поверхности экрана. Поглощение ЭМП обуславливается тепловыми потерями в толще материала экрана за счет индукционных токов и зависит от электромагнитных свойств материала экрана (электрической проводимости, магнитной проницаемости и др.). Отражение обуславливается несоответствием электромагнитных свойств воздуха (или другой среды, в которой распространяется электромагнитная энергия) и материала экрана (главным образом волновых сопротивлений).

Толщина экрана d из металлического листа выбирается исходя из соображений механической прочности, но не менее 0,5 мм, и должна быть больше глубины проникновения ЭМ волны в толщу экрана, ч:

$$d \geq r = \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}{2}}},$$

где ω — круговая частота, рад/с ($\omega = 2\pi f$, где f — частота, Гц); μ — магнитная проницаемость материала, Г/м; σ — электрическая проводимость среды, См/м. Глубина проникновения ЭМП высоких и сверхвысоких частот очень мала (например, для меди она составляет десятые и сотые доли миллиметра), поэтому толщину экрана выбирают по конструктивным соображениям.

Большая отражательная способность металлов, обусловленная значительным несоответствием волновых сопротивлений воздуха и металла, в ряде случаев может оказаться нежелательной, так как в результате образования стоячих волн может увеличивать интенсивность поля в рабочей зоне и влиять на режим работы генератора (излучателя). По этой причине в подобных ситуациях следует применять экраны преимущественно с малым коэффициентом отражения (1–3%), т. е. поглощающие. С этой целью используются радиопоглощающие материалы в виде тонких резиновых ковриков, гибких или жестких листов поролона, пропитанного соответствующим составом, ферромагнитные пластины и др.

Металлические сетки, применяемые для экранирования, обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными. Их обычно применяют в тех случаях, когда необходимо производить осмотр и наблюдение экранированных установок, вентиляцию и освещение экранированного пространства. Экранирующая эффективность сеток не превышает 20–30 дБ.

Требуемое ослабление поля $L_{\text{ТР}}$ и эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{ЭКР}}$ определяются по формулам:

$$L_{\text{ТР}} = \frac{E_{\text{Р}}}{E_{\text{ПД}}} = \frac{H_{\text{Р}}}{H_{\text{ПД}}},$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭКР}} = \left| \frac{E_2}{E_1} \right|, \quad \mathcal{E}_{\text{ЭКР}} = \left| \frac{H_2}{H_1} \right|, \quad \mathcal{E}_{\text{ЭКР}} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}, \text{ дБ}$$

или

$$\mathcal{E}_{\text{ЭКР}} = 20 \lg \frac{E_2}{E_1} = 20 \lg \frac{H_2}{H_1}, \text{ дБ},$$

где $E_{\text{Р}}, E_{\text{ПД}}, H_{\text{Р}}, H_{\text{ПД}}$ — соответственно напряженность электрического и магнитного поля на рабочем месте (или жилой зоне) и предельно допустимые их значения; E_1, E_2, H_1, H_2 — соответственно напряженность электрического и магнитного полей до и после экранирования; P_1, P_2 — плотность потока энергии до и после применения экрана.

На расстоянии, равном длине волны λ , ЭМП в проводящей среде почти полностью затухает, поэтому для эффективного экранирования толщина стенки экрана должна быть примерно равна длине волны в металле.

Металлические экраны за счет отражения и поглощения практически непроницаемы для ЭМ энергии радиочастотного диапазона (при $d > \lambda$, где λ — длина волны).

Применение поглощающих нагрузок и аттенюаторов позволяет ослабить интенсивность излучения электромагнитной энергии в окружающее пространство на 60 дБ и более.

Для защиты от ЭМП при работе в антенном поле, проведении испытательных и регулировочных работ на объектах, устранении аварийных ситуаций и ремонте рекомендуется использование индивидуальных средств защиты. Для защиты всего тела применяются комбинезоны, халаты и капюшоны. Их изготавливают из трех слоев ткани. Внутренний и наружный слои делают из хлопчатобумажной ткани (диагональ, ситец), а средний, защитный слой — из радиотехнической ткани, имеющей проводящую сетку. Для защиты глаз используют специальные радиозащитные очки из стекла, покрытого полупроводниковым оловом. Эффективность таких очков составляет 20–22 дБ.

Организационные мероприятия включают в себя требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, обучение, инструктаж и др.), выбор рационального взаимного размещения в рабочем помещении оборудования, излучающего ЭМ энергию, и рабочих мест, установление рационального режима работы оборудования и обслуживающего персонала, ограничение работы оборудования во времени (например, за счет сокращения времени на проведение наладочных и ремонтных работ), защиту расстоянием (удаление рабочего места от источника ЭМП, когда имеется возможность использовать дистанционное управление оборудованием), применение средств предупреждающей сигнализации (световой, звуковой и т. п.) и др.

Защита расстоянием применяется в тех случаях, если невозможно ослабить облучение другими методами, в том числе и сокращением времени пребывания людей в опасной зоне. В этом случае увеличение расстояния между источниками излучения и персоналом позволяет снизить уровень излучения, что видно из следующих выражений для расчета напряженности электрической и магнитной составляющих в ближней зоне, т. е. на расстоянии $R \leq \lambda/2\pi$, где λ — длина волны излучения, равная:

$$x = \frac{3 \cdot 10^8}{f \sqrt{\epsilon \cdot \mu}}, \quad E = \frac{I \cdot l}{2\pi \cdot \epsilon \cdot \omega \cdot R^3}, \quad H = \frac{I \cdot l}{4\pi \cdot R^2}.$$

В дальней зоне $R \gg \lambda/2\pi$ при увеличении рассматриваемого расстояния уменьшается плотность потока энергии, как видно из формулы

$$\text{ППЭ} = \frac{P \cdot G}{2\pi R^2},$$

где P — мощность излучения, Вт; G — коэффициент усиления антенны.

Лечебно-профилактические мероприятия направлены на предупреждение заболевания, которое может быть вызвано воздействием ЭМП, а также на своевременное лечение работающих при обнаружении заболеваний.

Для предупреждения профессиональных заболеваний у лиц, работающих в условиях ЭМП, применяются такие меры, как предварительный (для поступающих на работу) и периодический (не реже одного раза в год) медицинский контроль за состоянием здоровья, а также ряд мер, способствующих повышению устойчивости организма человека к действию ЭМП (регулярные физические упражнения, рационализация труда, отдыха, а также использование некоторых лекарственных препаратов и общеукрепляющих витаминных комплексов).

Электрогерметичные помещения и замкнутые экраны. Для локализации ЭМП внутренних источников применяются электрогерметичные помещения, аппаратные и кабины, представляющие собой замкнутые электромагнитные экраны. В таких помещениях экранируются стены, потолок, пол, оконные и дверные проемы и вентиляционные системы. Эти помещения и кабины могут использоваться и для защиты от внешних полей.

Монтаж экранов в больших помещениях производится путем прикрепления металлических листов (стальных, дюралюминиевых и др.) непосредственно к поверхности помещения. Размеры листов обшивки и их толщина определяются сортаментом проката. Для достижения электромагнитной герметичности рекомендуется листы соединять внахлест, встык или в фальц.

Для достижения высокой эффективности экранирования при длине волны $\lambda \leq 5$ м рекомендуется элементы конструкции экрана сваривать непрерывным швом или применять другие сплошные соединения.

На более низких частотах непрерывная сварка может быть заменена точечной или креплением листов винтами. При этом среднее число контактных точек n на 1 м длины контакта для обеспечения требуемой эффективности экранирования \mathcal{E} определяется формулой

$$n = 10,6 \cdot \left(\frac{\partial}{\lambda} \right)^{0,25},$$

где λ , м — длина волны ЭМП.

В ряде случаев во избежание отражения энергии, образования стоячих волн, зон, где плотность ЭМ излучения может оказаться больше первоначальной плотности потока энергии, создаваемой источником, стены и другие отражающие конструкции таких помещений должны быть покрыты поглощающими материалами. В случае направленного излучения допускается применение поглощающего покрытия только тех стен, на которые направлено излучение.

При защите помещений от внешних излучений применяются оклеивание стен специальными металлизированными обоями, засетчивание окон, использование специальных металлизированных драпировок, штор и др. Для изготовления экранных штор, драпировок, чехлов и других защитных изделий, так же как и для изготовления защитной одежды (комбинезонов, халатов, капюшонов и др.), применяются радиотехнические ткани.

В качестве экранирующего материала для световых приемов, приборных панелей, смотровых окон, как и для защитных очков, применяется оптически прозрачное стекло, покрытое полупроводниковой двуокисью олова. Световые проемы или смотровые окна на более низких частотах могут также экранироваться металлической сеткой.

При конструировании замкнутых экранов в диапазоне СВЧ иногда возникает необходимость предусматривать в них различные отверстия (вентиляционные окна, отверстия для проводов питания, ручек управления и др.), которые не должны нарушать электромагнитную герметичность экрана и снижать его эффективность.

По условиям проникновения электромагнитной энергии СВЧ-диапазона за пределы экрана подобные отверстия в экранах могут быть разделены на три основных типа излучателей:

- 1) малые отверстия разной формы без металлических выводов через них (например, смотровые и вентиляционные окна) представляют собой открытые концы волноводов;
- 2) отверстия, через которые проходят провода электропитания или металлические ручки управления, можно рассматривать как открытые концы коаксиальных линий;
- 3) щели, продольные размеры которых больше длины волны (периметр дверей, вентиляционные жалюзи и др.), являются щелевыми излучателями.

Для ослабления излучаемой энергии через отверстия разной формы без металлических выводов через них применяются трубки предельных волноводов (по форме отверстия в экране), длина которых определяется в зависимости от необходимой величины ослабления энергии и ослабляющей способности трубки.

Для трубок круглого сечения ослабление на один сантиметр длины рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{кр}} = 32/D, \text{ дБ/см},$$

где D — диаметр трубки, см.

Для трубок прямоугольной формы ослабление на один сантиметр длины рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{н}} = 32/d, \text{ дБ/см},$$

где d — размер стороны квадрата или большей стороны прямоугольника, см.

Коаксиальные отверстия практически беспрепятственно излучают высокочастотную энергию в любом диапазоне. Одним из способов ослабления излучения в коаксиальных выводах является заполнение пространства между центральным и наружным проводниками поглощающим материалом (карбонильным железом, графитом и т. п.). Излучение высокочастотной энергии через коаксиальные отверстия можно уменьшить также путем применения специальных фильтров, простейшим из которых является фильтр, основанный на соединении встык двух коаксиальных линий с резко отличающимися волновыми сопротивлениями. Одна такая стыковка отрезков кабелей обеспечивает затухание по мощности более 10 дБ.

Ослабления излучения щелевыми излучателями добиваются конструированием специальных четвертьволновых фильтров, представляющих собой канавки глубиной $\lambda/4$. Такие фильтры обеспечивают уменьшение проникновения СВЧ-энергии более 10 дБ (недостаток — узкополосность по диапазону).

Более эффективным способом экранирования щелей в широком диапазоне частот является применение поглощающих прокладок по всей ширине щели либо обеспечение плотного электрического контакта по всему периметру щели.

Защита при промышленной электротермии. В высокочастотных установках диэлектрического и индукционного нагрева применяется либо общее экранирование установок, либо экранирование отдельных блоков.

При поблочном экранировании отдельные высокочастотные элементы (конденсаторы, трансформаторы, индукторы и др.) экранируются отдельно.

Экран конденсатора выполняется в виде замкнутой камеры из металлических листов или сетки.

Экран трансформатора представляет собой металлический кожух, который во избежание перегрева устанавливается от наружной поверхности трансформатора на расстоянии не менее одного его радиуса.

Экран плавильного или закалочного индуктора выполняется либо в виде подвижной металлической камеры, опускающейся на время нагрева и поднимающейся после его окончания, либо в виде неподвижной камеры с открывающейся дверью.

В установках диэлектрического нагрева экранированию подлежат пластины рабочего конденсатора и фидеры, подводящие к ним высокочастотную энергию. Экран может выполняться в виде металлической камеры, шкафа, короба и др.

Смотровые окна в экранирующих камерах и генераторных устройствах экранируются с помощью мелкоячеистой металлической сетки с плотным контактом по периметру окон.

Линии питания технологических элементов высокочастотной энергии должны быть выполнены коаксиальными кабелями или заключены в металлические экраны. Экраны комплектуются электроблокировкой, исключающей подачу высокочастотной энергии при открытии или снятии экрана.

3.5.4. Постоянные и переменные магнитные поля

Источники постоянных и переменных магнитных полей. Их влияние на организм человека. Магнитные поля (МП) могут быть постоянными, импульсными и переменными.

Источниками постоянного магнитного поля на производстве являются технологическое оборудование и процессы, в которых используются электромагниты постоянного тока, литые и металлокерамические магниты, а переменного магнитного поля промышленной частотой (50 Гц) — линии электропередач (ЛЭП), различные силовые установки, токоведущие части мощного технологического оборудования и линии электропитания.

Магнитные поля промышленной частоты возникают вокруг любых электроустановок и токопроводов. Чем больше ток в проводе, тем выше интенсивность магнитного поля.

Интенсивность магнитных полей характеризуется магнитной индукцией B , Тл (тесла), потоком магнитной индукции Φ , Вб (вебер) и напряженностью H , А/м (ампер на метр).

Магнитная индукция характеризует направление действия магнитной силы и ее значение в данной точке поля. *Магнитная индукция* — это векторная величина, которая численно равна силе, с которой магнитное поле действует на проводник длиной в 1 м с протекающим по нему током в 1 А и определяется по формуле

$$B = \frac{F}{I \cdot l},$$

где B — магнитная индукция, Тл; F — сила, действующая на проводник с током, Н; I — сила тока в проводнике, А; l — длина проводника, м.

Поток магнитной индукции — это физическая величина, характеризующая количество магнитной индукции, воздействующее на единицу площади поверхности. Поток магнитной индукции Φ определяется по формуле

$$\Phi = S \cdot \cos \alpha,$$

где S — площадь поверхности, м²; α — угол между направлением действия магнитной индукции и нормалью к поверхности.

Напряженность постоянного и переменного магнитного поля — это физическая величина, характеризующая магнитное поле и определяемая по формуле

$$H = \frac{B}{\mu_a},$$

где μ_a — абсолютная магнитная проницаемость, равная $\mu_a = \mu_0 \cdot \mu$, где μ_0 магнитная постоянная ($4\pi \cdot 10^7$ Гн/м); μ — магнитная проницаемость среды.

Соотношение между значением напряженности магнитного поля и магнитной индукцией следующее:

$$1 \text{ мТл} = 800 \text{ А/м}; 1 \text{ А/м} = 1,25 \text{ мкТл}.$$

Негативное воздействие магнитных колебаний выражается в нарушении функции ЦНС, сердечно-сосудистой и других систем организма, что способствует снижению работоспособности, ухудшению психофизиологического состояния и угнетению общей активности.

В последнее время появляются публикации о возможном влиянии неинтенсивных магнитных полей на возникновение злокачественных

заболеваний. В частности, ученые Швеции обнаружили, что дети до 15 лет, проживающие около ЛЭП, при магнитной индукции 0,2 мкТл заболевают лейкемией в 2,7 раза чаще, чем в контрольной группе, удаленной от ЛЭП, и в 3,8 раза чаще, если индукция выше 0,3 мкТл, т. е. при напряженности магнитного поля около 0,24 А/м.

Существует большое количество гипотез, объясняющих биологическое действие магнитных полей. В основном они сводятся к индуцированию токов в живых тканях и непосредственному влиянию поля на клеточном уровне.

Относительно безвредными для человека в течение длительного времени следует признать МП, имеющее порядок геомагнитного поля и его аномалий, т. е. напряженности МП не более 0,15–0,20 кА/м. При более высоких напряженностях МП начинает проявляться реакция на уровне организма. Характерной чертой этих реакций является длительная задержка относительно начала действия МП, а также ярко выраженный кумулятивный эффект при длительном действии МП. В частности, эксперименты, проведенные на людях, показали, что человек начинает ощущать МП, если оно действует не менее 3–7 с. Это ощущение сохраняется некоторое время (около 10 с) и после окончания действия МП.

Нормирование и гигиеническая оценка магнитных полей. Нормируемыми параметрами магнитных полей являются напряженность поля и магнитная индукция, предельно допустимые значения которых для постоянного поля представлены в табл. 3.11, а для переменного — в табл. 3.12.

Таблица 3.11. Предельно допустимые значения напряженности и магнитной индукции для постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, ч	Область воздействия			
	Все тело		Локальное (конечности)	
	Напряженность, к А/м	Магнитная индукция, мТл	Напряженность, к А/м	Магнитная индукция, мТл
8,0	8,0	10,0	8,0	10,0
1,0	16,0	20,0	24,0	30,0

Способы и средства защиты от магнитных полей. При защите от магнитных полей применяются организационно-планировочные и технические способы и средства.

К работе с источниками магнитных полей (магнитными материалами, оборудованием) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный и периодический осмотры не реже одного раза в год.

Источники магнитных полей, располагаемые в общих производственных помещениях, должны выделяться в отдельные участки с разрывом от других на расстояние 1,5–2,0 м. Установки, являющиеся источниками магнитных полей, должны быть удалены одна от другой и иных рабочих мест не менее чем на 1,5–2,0 м.

Таблица 3.12. **Предельно допустимые значения магнитной индукции $B_{\text{пд}}$ и напряженности $H_{\text{пд}}$ переменных магнитных полей при импульсном воздействии**

Продолжительность воздействия, ч	Длительность пауз между импульсами $t_n \leq 2\text{с}$				Длительность пауз между импульсами $t_n > 2\text{с}$	
	Длительность импульса τ_u				Длительность импульса τ_u	
	$\tau_u \geq 0,02\text{с}$		$1,0\text{с} \leq \tau_u \leq 60\text{с}$		$0,02\text{с} \leq \tau_u \leq 1,0\text{с}$	
	H , А/м	B , мкТл	H , А/м	B , мкТл	H , А/м	B , мкТл
<1,0	6000	7500	8000	10 000	10 000	12 500
2,0	4900	6125	6900	8625	8900	11125
3,0	4000	5000	6000	7500	8000	10000
4,0	3200	4000	5200	6500	7200	9000
6,0	2000	2500	4000	5000	6000	7500
7,0	1600	2000	3600	4500	5600	7000
8,0	1400	1750	3400	4250	5400	16750

Предельно допустимые уровни магнитной индукции $B_{\text{пд}}$ и напряженности $H_{\text{пд}}$ переменного магнитного поля при непрерывном действии

Продолжительность воздействия, ч	Область воздействия			
	Все тело		Локальное (конечности)	
	H , А/м	B , мкТл	H , А/м	B , мкТл
1,0	400	500	1600	2000
8,0	80	100	800	1000

«Магнитомягкие» материалы (трансформаторное железо, кремниевая сталь и др.) должны располагаться на расстоянии не менее 1,0 м от установок-источников магнитного поля, так как они могут стать дополнительными источниками магнитного поля.

Намагниченные материалы должны храниться в специальных приспособлениях («ярмах»), которые частично или полностью замыкают магнитные поля.

Для защиты от переменных магнитных полей могут использоваться экраны из ферромагнитных материалов различной конструкции.

3.5.5. Ультрафиолетовые излучения

Источники и биоэффекты ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовые излучения занимают спектральную область, лежащую между самыми длинными волнами рентгеновского излучения и самыми короткими волнами видимого спектра, т. е. от 0,2 до 0,4 мкм.

В зависимости от биоэффектов, вызываемых ультрафиолетовым излучением, указанный диапазон разделяется на три основные части:

- 1) длинноволновый (ближнее излучение) с длиной волны от 0,4 до 0,32 мкм;
- 2) средневолновый (эритемное излучение) с длиной волны от 0,32 до 0,28 мкм;
- 3) коротковолновый (бактерицидное излучение) с длиной волны менее 0,28 мкм.

Мощнейшим естественным источником ультрафиолетового излучения (УФИ) является солнечная радиация, которая благодаря стратосферному озоновому слою на пути к Земле значительно ослабляется в диапазоне от 0,25 до 0,35 мкм. Определенное влияние на ослабление УФ-излучения оказывают также облака и загрязненность атмосферы пылегазовоздушными отходами производства.

Искусственными источниками УФ-излучения являются лампы накаливания, газоразрядные лампы и особенно сварочные аппараты, плазменные горелки и лазеры.

Ультрафиолетовое излучение характеризуется двояким действием на организм: с одной стороны, опасностью переоблучения, а с другой — его необходимостью для нормального функционирования организма человека, поскольку УФ-лучи являются важным стимулятором некоторых биологических процессов, в том числе синтеза ряда биологических активных веществ (например, витамина Д).

Облучение людей УФ-лучами может вызвать у них эритемное и канцерогенное действие. Эритемное действие проявляется в покраснении и пигментации («загар») кожи (при $\lambda \leq 0,32$ мкм), а канцерогенное — в накожных раковых заболеваниях (при $\lambda = 0,23 - 0,32$ мкм). Пигментация кожи является нормальной фотохимической реакцией и не влечет за собой никаких осложнений. Она становится заметной у европейцев при величине УФ-излучения, равной около 0,03 Дж/см².

Под воздействием УФ-излучения с длиной волны около 0,288 мкм могут наблюдаться фотоаллергические реакции, а облучение глаз значительными уровнями — воспаления конъюнктивы (конъюнктивит) и роговой оболочки (кератит).

Нормирование и оценка ультрафиолетового излучения. Способы и средства защиты. Так как ультрафиолетовое излучение оказывает двойное действие на людей, то при нормировании допустимых значений учитываются необходимость его ограничения при больших интенсивностях и обеспечение необходимых уровней для предотвращения ультрафиолетовой недостаточности.

Нормируемым параметром ультрафиолетового излучения является эритемная доза (ЭТД), эр. По мощности один эр ($\lambda = 0,29$ мкм) равен одному ватту (Вт).

Предельно допустимое значение эритемной дозы ЭТД_{пд} равно 600–900 мкэр · мин/см².

Для профилактики ультрафиолетовой недостаточности необходима примерно десятая часть ЭТД_{пд}, т. е. порядка 60–90 мкэр · мин/см².

Оценка бактерицидного действия УФ-излучения производится в бактах (б).

Для обеспечения бактерицидного эффекта УФ-излучения его уровень должен быть не менее 50 мкб · мин/см².

Фактические мощности УФ-излучения на расстоянии 5–30 см от экрана дисплея не должны превышать 10 Вт/м².

Защита от УФ-излучения заключается в применении спецодежды и защитных очков (например, при сварке) с различной степенью прозрачности в области УФ-излучения. Полную защиту от ультрафиолетового излучения по всему спектру обеспечивают плексиглас и тяжелое стекло, содержащее окись свинца, толщиной 2 мм и более.

3.5.6. Инфракрасные излучения

Источники и биоэффекты инфракрасного излучения. Источником инфракрасного (теплого) излучения (ИК) является любое нагретое тело, температура которого превышает значение абсолютного нуля. Его диапазон простирается от 0,75 до 1000 мкм. Нагретые тела, имеющие температуру выше +100 °С, являются источниками коротковолнового излучения ($\lambda \approx 0,7–0,9$ мкм). С уменьшением температуры нагретого тела от +100 до +50 °С ИК-излучение характеризуется в основном длинноволновым спектром.

На производстве источниками ИК-излучения являются нагретые поверхности оборудования, обрабатываемых деталей и заготовок, разные виды сварки, плазменной обработки и др.

Основным биоэффектом ИК-излучения является тепловой, так как излучения с длиной волны более 1,5 мкм почти полностью поглощаются биологическими тканями и при длительном пребывании челове-

ка в зоне излучения возможно нарушение механизма терморегуляции, водно-солевого баланса и др.

Воздействие интенсивного коротковолнового ИК-излучения ($\lambda < 1,5$ мкм) на открытые участки тела человека проявляются в виде ожога кожи, расширения просвета капилляров и увеличения пигментации кожи. Результатом воздействия его на глаза может явиться ожог кожи века (эритема и образование пузырей). Повторное воздействие ИК-излучения на глаза может привести к хроническому воспалению век, помутнению хрусталика, спазму зрачка, ожогу сетчатки и др.

Нормирование и оценка инфракрасного излучения. Способы и средства защиты. Опасность облучения ИК-лучами оценивается по величине интенсивности или плотности потока энергии (ППЭ), которая не должна превышать следующих значений:

Облучаемая поверхность тела, %	ППЭ _{пд} , Вт/м ²
50 и более	35
50–25	70
не более 25	100

Кроме допустимых значений плотности потока энергии ограничивается также и температура нагретых поверхностей. Если температура источника $t_{ист}$ тепла не превышает $+100$ °С, то поверхность оборудования должна иметь температуру $t_{пд}$, не превышающую $+35$ °С, а при $t_{ист} > +100$ °С — $t_{пд} \leq +45$ °С.

Основными способами и средствами защиты от ИК-излучений являются снижение интенсивности излучения источника, экранирование источника или рабочего места, использование средств индивидуальной защиты, лечебно-профилактические мероприятия.

Наиболее распространенными средствами защиты от ИК-излучения являются оградительные устройства, т. е. конструкции, отражающие или поглощающие ИК-излучения. Конструктивно экраны могут выполняться из одной или нескольких параллельно размещенных с зазором пластин. Охлаждение пластин может осуществляться естественным или принудительным способом.

Отражающие устройства изготавливаются из листового алюминия, белой жести, алюминиевой фольги, укрепленной на несущем материале (картоне, сетке). С этой целью может использоваться силикатное закаленное стекло с пленочным окисно-оловянным покрытием и легированными добавками, превосходящем по своим отражательным способностям экраны из сталинита.

Для теплопоглощения могут использоваться металлические сетки, армированное стекло, водяные завесы.

Для предотвращения ожогов при прикосновении к нагретым поверхностям применяется их теплоизоляция с помощью различных материалов и конструкций (минеральная вата, стекловата, асбест, войлок и др.).

В качестве средств индивидуальной защиты применяются фибровые и дюралевые каски, защитные очки, наголовные маски с откидными экранами и др.

Лечебно-профилактические мероприятия включают предварительные и периодические медицинские осмотры в целях предупреждения и ранней диагностики заболеваний у работающих.

3.5.7. Лазерные излучения

Источники и биоэффекты лазерных излучений. Оптические квантовые генераторы (ОКГ) или лазеры оцениваются как одно из самых перспективных достижений науки и техники XX в.

В лазерной технике как части квантовой электроники для генерации, преобразования и усиления электромагнитных колебаний используются квантовые явления.

Слово «лазер» (от англ. LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)) означает усиление света в результате вынужденного излучения.

Широкое применение ОКГ в промышленности для обработки материалов (резка, точечная сварка, сверление отверстий, закалка), медицине (диагностика, хирургия глаза, нейрохирургия), военном деле, науке и других областях ставит вопрос о защите работающих от опасных и вредных факторов лазеров и лазерных технологических установок.

При работе с источниками лазерных излучений (ЛИ) персонал может подвергаться воздействию излучения высокой интенсивности в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, воздействию рентгеновского и радиочастотного излучения, воздействию высокого электрического напряжения (в несколько киловольт, кВ), а также загазованности и запыленности воздуха при обработке лазерным лучом синтетических материалов (стеклотекстолит и др.). Однако основным поражающим фактором является интенсивность лазерного излучения (прямого, отражающего и рассеянного).

Лазерное излучение может генерироваться в диапазоне длин волн от 0,2 до 1000 мкм, который в соответствии с биологическим действием разбивается на следующие области спектра:

- ◆ ультрафиолетовая — от 0,2 до 0,4 мкм;
- ◆ видимая — от 0,4 до 0,75 мкм;
- ◆ ближняя инфракрасная — от 0,75 до 1,4 мкм;
- ◆ дальняя инфракрасная — более 1,4 мкм.

Биологическое воздействие лазерного излучения зависит от его интенсивности (энергетической экспозиции в импульсе H или энергетической освещенности E); длины волны излучения λ ; длительности импульса τ ; частоты следования импульсов f ; продолжительности воздействия t ; площади облучаемого участка S ; биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов.

Биологические эффекты ЛИ делятся на две группы: первичные, возникающие в результате термического воздействия, — органические изменения в облучаемых тканях и вторичные, возникающие в результате нетеплового воздействия на весь организм (функциональные нарушения в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой системе и др.). Первичные эффекты обуславливаются главным образом энергетическими характеристиками излучения, а вторичные — его качественными параметрами (λ , τ , f и др.).

Основными критическими органами при облучении лазерным излучением являются глаза и открытые участки тела (кожа). Наибольшую опасность лазерное излучение представляет для глаз. Роговица и хрусталик легко повреждаются и теряют прозрачность под действием излучений различных диапазонов. В диапазоне 0,4–1,4 мкм опасность для зрения резко возрастает, так как для этих длин волн оптическая среда глаза является прозрачной и фокусирует попадающие во входной зрачок глаза излучения на плоскость сетчатки. Это может привести к тому, что освещенность сетчатки превысит освещенность роговицы во много раз. В результате возможны разрушение и термокоагуляция тканей и потеря зрения. Вероятность поражения зрения увеличивается при большем диаметре зрачка, что имеет место в темных или слабо освещенных помещениях.

Интенсивное облучение кожи может вызывать в ней различные изменения — от легких функциональных, сопровождающихся покраснением, до тяжелых патологических, включая омертвение. При этом возможно повреждение не только кожи, но и внутренних тканей и органов, особенно когда луч ОКГ фокусируется внутри облучаемой ткани.

Нормирование и гигиеническая оценка лазерных излучений. Нормируемыми параметрами лазерного излучения являются энергетическая экспозиция H (Дж/м²) и освещенность E (Вт/м²), а также энергия W (Дж) и мощность P (Вт) излучения, которые связаны соотношениями:

$$H = \frac{W}{S_a}, \quad E = \frac{P}{S_a},$$

где S_a — площадь ограничивающей апертуры, через которую проходит лазерный луч, м².

Предельно допустимые уровни лазерного излучения ($H_{\text{пдл}}$, $E_{\text{пдл}}$, $W_{\text{пдл}}$, $P_{\text{пдл}}$) устанавливаются при воздействии на глаза и кожу при однократном и хроническом облучении для трех диапазонов длин волн (0,2–0,4 мкм; 0,4–1,4 мкм и свыше 1,4 мкм).

По степени опасности генерируемого излучения лазеры подразделяются на четыре класса. Определение класса лазера основано на сравнении его выходной энергии (мощности) и предельно допустимых уровней при однократном воздействии генерируемого излучения.

К лазерам первого класса относятся полностью безопасные лазеры, т. е. такие, выходное прямое (поллимированное) излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.

Лазеры второго класса — это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека только прямым излучением (поллимированным пучком).

К лазерам третьего класса относятся лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и при облучении кожи только прямым излучением. Этот класс распространяется только на лазеры, генерирующие излучение с длиной волны от 0,4 до 1,4 мкм.

Четвертый класс включает такие лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Класс опасности лазерного изделия (технологической установки) определяется классом используемого в нем лазера.

Класс опасности лазера устанавливается предприятием-изготовителем по выходным характеристикам излучения расчетным методом.

Гигиеническая оценка лазерного излучения или его дозиметрический контроль заключается в сопоставлении нормируемых характеристик лазерного излучения на рабочем месте или рабочей зоне с их предельно допустимыми значениями.

Различают две формы дозиметрического контроля — предупредительный (оперативный) дозиметрический контроль и индивидуальный дозиметрический контроль.

Предупредительный дозиметрический контроль заключается в определении максимальных уровней нормируемых энергетических характеристик лазерного излучения в точках на границе рабочей зоны, а индивидуальный — в изучении этих параметров излучения, воздействующего на глаза (кожу) конкретного работающего в течение рабочего дня.

Предупредительный дозиметрический контроль лазерного излучения должен проводиться не реже одного раза в год.

Количественные значения характеристик и поправочных коэффициентов, используемых для расчета ПДУ, приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13. **Предельно допустимые уровни лазерного излучения**

Длина волны, мкм	ПДУ, Дж·см ²
0,200... 0,210	$1 \cdot 10^{-8}$
0,210... 0,215	$1 \cdot 10^{-7}$
0,215... 0,290	$1 \cdot 10^{-6}$
0,290... 0,300	$1 \cdot 10^{-5}$
0,300... 0,370	$1 \cdot 10^{-4}$
Свыше 0,370	$2 \cdot 10^{-4}$

Зависимость диаметра зрачка d_3 глаза от фоновой освещенности роговицы глаза Φ_p , измеряемой при работающем лазере, приводится ниже:

Φ_p , лк	$1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^0$	$1 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$
d_3 , см	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2

Формулы расчета значений предельно допустимых уровней лазерного излучения с учетом перечисленных характеристик приведены в табл. 3.14.

Способы и средства защиты от лазерных излучений. Для защиты от лазерных излучений применяются коллективные и индивидуальные способы защиты, которые принципиально можно разделить на организационно-планировочные и инженерно-технические.

Организационно-планировочные индивидуальные способы защиты включают:

- ◆ рациональное с точки зрения безопасности размещение рабочих мест и лазерного оборудования;
- ◆ допуск к работе лиц, прошедших специальное обучение, медицинское освидетельствование, инструктаж и др.;

Таблица 3.14. Предельно допустимые уровни (ПДУ) лазерного излучения

Длина волны, мкм	Длительность импульса, с	ПДУ, Дж·см ²		Примечание
		Воздействие на		
		кожу	роговицу глаза	
1	2	3		4
0,2...0,4	Более 10 ⁻¹	$H_{уф} = f(\lambda)$		$H_{уф}$ — ПДУ энергетической экспозиции на роговице глаза и при облучении в течение рабочего дня
0,2... 0,4	Менее 10 ⁻¹	$H_{уф}'' = \frac{H_{уф}}{ft}$		$H_{уф}''$ — ПДУ импульсно-го облучения; f — частота повторения импульсов, Гц; t — длительность воздействия, с; $H_{п}$ — ПДУ, не вызывающий первичных эффектов;
0,4...0,75	Более 10 ⁻¹	$H_{п} = H_1 K_1$		H_1 — энергетическая экспозиция в зависимости от длительности воздействия и углового размера источника; K_1 — поправочный коэффициент;
0,4...0,75	То же	$H_{в} = 10^{-1} H_2 \Phi_0$		$H_{в}$ — ПДУ, не вызывающий вторичных эффектов; H_2 — энергетическая экспозиция; Φ_0 — фоновая освещенность, лк. В качестве ПДУ принимается наименьшее из значений $H_{п}$ и $H_{в}$
0,4...0,75	Менее 10 ⁻¹	$H_{п}'' = H_{п} K_2$		K_2 — коэффициент, учитывающий частоту повторения импульсов и длительность их воздействия. В качестве ПДУ принимается наименьшее из значений $H_{п}$ и $H_{в}$. H — ПДУ; r — длительность импульса; λ — длина волны
0,4... 0,75	Менее 10 ⁻¹	$H_{п}'' = \frac{H_{в}}{ft}$		
0,4... 1,4	Более 10 ⁻¹	$H = f(r, \lambda)$		
0,4... 1,4	Менее 10 ⁻¹	$H = H \cdot K_2$		
0,75...1,4	Более 10 ⁻¹	$H_{п} = H_1 \cdot K_1$		
0,75...1,4	Менее 10 ⁻¹	$H_{п}'' = H_{п} \cdot K_2$		

Окончание табл. 3.14

1	2	3	4
1,4...20	Более 10^{-1}	$H = f(r, \lambda)$	H — ПДУ в зависимости от длительности импульса r и длины волны λ
1,4...20	Менее 10^{-1}	$H_n = H \cdot K_2$	H_n — ПДУ импульсного облучения; K_2 — коэффициент, учитывающий повторения импульсов f и длительность их воздействия t

Таблица 3.15. Энергетическая экспозиция H , на роговице глаза в зависимости от длительности воздействия r и углового размера источника излучения α при максимальном диаметре зрачка глаза

r, c	$\alpha, \text{рад}$			
	До 10^{-3} точечный	$10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-2}$	$10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-2}$
10^{-9}	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$
10^{-7}	$7,1 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$
10^{-5}	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-4}$
10^{-3}	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
10^{-1}	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-3}$
1	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
10^2	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$9,8 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
10^4	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$
$3 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$1,7066 \cdot 10^{-1}$
10^{-9}	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
10^{-7}	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
10^{-5}	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$
10^{-3}	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$
10^{-1}	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-1}$
1	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$7,04 \cdot 10^{-1}$
10^2	$9,8 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^1$	$9,8 \cdot 10^{-1}$	2,3
10^4	$3,0 \cdot 10^{-1}$	1,2	3,0	7,0
$3 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^{-1}$	1,6	4,0	$1,2 \cdot 10$

Таблица 3.16. Поправочный коэффициент K , на длину волны лазерного излучения и диаметр зрачка d_z ,

d_z , см	λ , мкм						
	0,40...0,42	0,42...0,45	0,45...0,9	0,9...1,10	1,10...1,20	1,20...1,30	1,30...1,40
0,8	2,3	1,4	0,8	1,0	2,3	7,0	$2,3 \cdot 10$
0,7	3,0	1,8	1,0	1,3	3,0	9,1	$3,0 \cdot 10$
0,6	4,1	2,5	1,4	1,8	4,1	1,3	$4,1 \cdot 10$
0,5	6,0	3,6	2,1	2,6	6,0	$1,8 \cdot 10$	$6,0 \cdot 10$
0,4	9,2	5,6	3,2	4,0	9,2	$2,8 \cdot 10$	$9,2 \cdot 10$
0,3	$1,6 \cdot 10^1$	9,9	5,7	7,1	$1,6 \cdot 10$	$5,0 \cdot 10$	$1,6 \cdot 10^2$
0,2	$3,7 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10$	$1,3 \cdot 10$	$1,6 \cdot 10$	$4,7 \cdot 10$	$1,1 \cdot 10$	$3,7 \cdot 10^2$

Таблица 3.17. Энергетическая экспозиция H_2 на роговице глаза в зависимости от длины волны излучения и диаметра зрачка

d_z , см	λ , мкм						
	0,4...0,44	0,44...0,48	0,48...0,62	0,62...0,67	0,67...0,71	0,71...0,73	0,73...0,75
0,8	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-1}$	2,6
0,7	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$8,1 \cdot 10^{-1}$	3,4
0,6	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-2}$	1,1	4,7
0,5	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$9,9 \cdot 10^{-2}$	1,6	6,8
0,4	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$9,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	2,5	$1,6 \cdot 10$
0,3	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-1}$	4,4	$1,8 \cdot 10$
0,2	$4,5 \cdot 10^{-1}$	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$6,1 \cdot 10^{-1}$	9,9	$4,2 \cdot 10$

Таблица 3.18. Поправочный коэффициент K_p на частоту повторения импульсов f и длительность воздействия серии импульсов t

t , с	Частота f , Гц					
	до 10	свыше 10	свыше 50	свыше 100	свыше 250	свыше 500
		до 50	до 100	до 250	до 500	до 1000
10^{-1}	$3,6 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$8,7 \cdot 10^{-3}$
1	$3,2 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$
10^1	$2,4 \cdot 10^{-1}$	$9,2 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$
10^2	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
10^3	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
10^4	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
$3 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3.19. Значения ПУ энергетической экспозиции роговицы глаза при лазерном излучении с длиной волны свыше 0,4 мкм в зависимости от длины волны λ и длительности импульса t

t, c	$\lambda, \text{мкм}$				
	от 0,4 до 0,73	свыше 0,73 до 2,4	свыше 2,4 до 5,6	свыше 5,6 до 9,3	свыше 9,3 до 20
10^{-9}	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$
10^{-8}	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$
10^{-7}	$8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
10^{-6}	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$
10^{-5}	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$
10^{-4}	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
10^{-3}	$4 \cdot 10^{-1}$	2	$2 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
10^{-2}	1	5	$5 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
10^{-1}	4	2	2	$2 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-2}$
1	10	$6 \cdot 10$	6	$6 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$
10	$4 \cdot 10$	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10$	2	$8 \cdot 10^{-1}$
10^2	$2 \cdot 10^2$	10^3	10^2	10	4
10^3	$8 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10$
10^4	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10$
$3 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$

Таблица 3.20. Поправочный коэффициент K_2 на частоту повторения импульсов f и длительность воздействия серии импульсов t

t, c	Частота $f, \text{Гц}$					
	до 10	свыше 10 до 50	свыше 50 до 100	свыше 100 до 250	свыше 250 до 500	свыше 500 до 1000
10^{-1}	$5,7 \cdot 10^{-1}$	$3,9 \cdot 10^{-1}$	$2,9 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$
1	$3,8 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
10^1	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$9,2 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
10^2	$6,9 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
10^3	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
10^4	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$
$3 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$

- ◆ обязательное выделение или ограждение лазероопасной зоны дисциплинарными барьерами;
- ◆ размещение в помещении не более одного лазера (если два, то их следует помещать в светонепроницаемые боксы);
- ◆ направление луча лазера на огнестойкую и неотражающую стенку;
- ◆ окраска поверхностей помещения в цвета с малым коэффициентом отражения (темные матовые цвета, мишень — в светлый цвет);
- ◆ обеспечение в помещении достаточно интенсивного естественного (коэффициент естественной освещенности не менее 1,5 %) и ис-

кусственного (освещенность рабочих поверхностей не менее 150 лк) освещения;

- ♦ предупредительный дозиметрический контроль лазерного излучения.

Инженерно-технические способы и средства защиты включают:

- ♦ уменьшение мощности источника (если позволяет технология);
- ♦ укрытие генератора и лампы накачки светонепроницаемым экраном;
- ♦ устройство блокировки, исключающей работу генератора при открытом или снятом кожухе, а также блокировки входных дверей в помещение участка или боксов;
- ♦ передача лазерного луча к мишени по световодам или по ограниченному непрозрачным экраном пространству;
- ♦ применение дистанционного управления, а также сигнальных устройств.

К индивидуальным средствам защиты, применяемым при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ с открытыми лазерными установками, относятся средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки, насадки), средства защиты рук, специальная одежда.

При выдаче средств индивидуальной защиты учитываются длина волны излучения и оптическая плотность светофильтров.

Оптическая плотность светофильтров, применяемых в защитных очках D_λ , должна удовлетворять условию:

$$D_\lambda \geq 10 \lg \frac{H_{\max}(E_{\max})}{H_{\text{пду}}(E_{\text{пду}})}, \text{ дБ},$$

а для излучения с длиной волны λ от 0,4 до 1,4 мкм и выше:

$$D_\lambda \geq 10 \lg \frac{W_{\max}(P_{\max})}{W_{\text{пду}}(P_{\text{пду}})}, \text{ дБ},$$

где H_{\max} , E_{\max} , W_{\max} , P_{\max} — максимальные значения нормируемых параметров лазерного излучения в рабочей зоне; $H_{\text{пду}}$, $E_{\text{пду}}$, $W_{\text{пду}}$, $P_{\text{пду}}$ — предельно допустимые значения этих параметров при хроническом облучении.

Защитные лицевые щитки применяются в тех случаях, когда лазерное излучение представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица. Перечень некоторых защитных очков, щитков и насадок приведен в табл. 3.21.

При наладке резонаторов газовых лазеров, работающих в видимой области спектра (0,4–0,75 мкм), для защиты глаз применяются защитные насадки (ЗН).

Уменьшение действующего на оператора излучения $H_{\text{оп}}$ при использовании халатов, перчаток и других средств защиты из ткани может быть рассчитано по формуле

$$H_{\text{оп}} = H \cdot K^m,$$

где K — коэффициент пропускания ткани (для тканей белого цвета $K = 0,06–0,08$); m — число слоев ткани.

Таблица 3.21. Некоторые марки защитных очков, щитков и насадок, рекомендуемых для защиты глаз и кожи лица

1. Марка очков	Марка светофильтров	Диапазон защиты, мкм	Оптическая плотность
ЗН22-72-СЗС22	СЗС22	0,63–0,68; 0,68–1,2–1,4	3;6;3
ЗНД4-72-СЗС22-СС23-1	СЗС22-ОС23-1	0,63–0,68; 0,68–1,2–1,4	3;6;3
ЗН62-Л17	Л17	0,4–0,53	6
ЗН62-ОЖ	ОЖ	0,6–1,1	4
		0,2–0,51	3
2. Марка щитка	Марка светофильтра	Диапазон защиты, мкм	Оптическая плотность
НФП2	Л17	10,6	2
3. Марка насадки	Длина волны, мкм (тип лазера)		Максимальная мощность, Вт
ЗН-0,441	441 (гелий-кадмиевый)		3–4
ЗН-0,488	488 (аргоновый)		3–4
ЗН-0,51(0,58)	0,51 и 0,58 (на парах меди)		3–4

3.6. Защита от ионизирующих излучений

3.6.1. Естественные и искусственные источники ионизирующих излучений

Ионизирующими называются излучения, которые способны прямо или косвенно ионизировать среду (вещество), т. е. создавать в ней заряженные атомы и молекулы — ионы разного знака.

Различают корпускулярное и фотонное ионизирующее излучение.

Корпускулярное ионизирующее излучение представляет собой поток элементарных частиц с массой покоя, отличной от нуля. Такие частицы образуются при радиоактивном распаде, делении ядер в атомном реакторе, ядерных превращениях, а также при работе ускорителей

электронов и других элементарных частиц. К корпускулярному излучению относятся α - и β - частицы, нейтроны n , протоны p и др.

Фотонное излучение — это поток электромагнитных колебаний, которые распространяются в вакууме с постоянной скоростью 300 км/с. К нему относятся γ -излучение, характеристическое и тормозное рентгеновское излучения, которые различаются условиями образования, длиной волны и энергией.

Естественными природными источниками ионизирующих излучений являются высокоэнергетические космические частицы, солнечная радиация, которые при взаимодействии с атмосферой Земли, теряя свою энергию, порождают радиоактивные изотопы и большое количество вторичных излучений.

Кроме того, в земной коре рассеяны такие долгоживущие радиоизотопы, как калий-40, уран-238, торий-232 и другие, являющиеся источниками α - и β -частиц, γ -квантов и др.

Распад урана и тория сопровождается образованием радиоактивного газа радона, который из горных пород постоянно поступает в атмосферу и гидросферу, распространяясь повсеместно. При распаде радон образует дочерние изотопы свинца, висмута и полония. Цепочка распада радона завершается стабильным изотопом свинца-206. Дочерние продукты распада радона, попадая в дыхательные пути и легкие, распадаются, выделяя α -частицы.

Естественные радиоизотопы встречаются в любой почве, однако наибольшая их концентрация содержится в гранитах, монацитах и глиноземах.

Таким образом, космические излучения и изотопы земной коры создают естественный радиационный фон Земли, который обладает ионизирующим свойством и является специфическим для каждой местности (например, в монацитных почвах штата Рио-де-Жанейро в Бразилии, содержащих торий, радиационный фон достигает 10 мЗв/г, а в штате Керано в Индии — до 28 мЗв/г).

К искусственным (техническим) источникам относятся устройства как специально созданные для использования излучения, так и в виде побочного продукта деятельности. Наибольший вклад в формирование радиационного фона Земли вносят радиоактивные выпадения от взрывов атомных и термоядерных устройств, выбросы атомных электростанций и предприятий по переработке ядерного топлива, выбросы золы тепловых электростанций, содержащей естественный радиоактивный торий и радий. К техническим источникам относятся также ускорители элементарных частиц, мощные облучательные установки,

аппараты для лучевой терапии, радиоизотопные термоэлектрические генераторы, различные измерительные приборы (толщиномеры, плотномеры, влагомеры, высотомеры, сигнализаторы уровня жидкости и др.), нейтрализаторы статического электричества, электрокардиостимуляторы, пожарные извещатели и др.

Таким образом, человек и биосфера Земли в целом постоянно подвергаются воздействию сравнительно небольшого естественного радиационного фона. Однако бурное развитие ядерной энергетики и широкое использование источников излучения практически во всех сферах человеческой деятельности создали потенциальную угрозу загрязнения биосферы радиоактивными веществами и радиационной опасности для населения Земли. В связи с этим проблема защиты от ионизирующих излучений (радиационной безопасности) приобрела в последнее время международное значение.

3.6.2. Возникновение ядерных ионизирующих излучений

Общеизвестно, что любое вещество или химический элемент состоит из молекул и атомов. Согласно планетарной модели атома английского физика Э. Резерфорда (1911 г.) ядро атома состоит из положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов. Протоны и нейтроны имеют общее название «нуклон». Вокруг ядра вращаются по своим орбитам отрицательно заряженные электроны. Электрический заряд ядра равен суммарному заряду электронов, поэтому атом в целом электрически нейтрален.

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одинаковое число протонов, но количество нейтронов в них может быть разным.

Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом *протонов*, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разновидностям одного и того же химического элемента и называются *изотопами*. Чтобы отличить их один от другого, к символу элемента приписывается число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа.

Полное число протонов и нейтронов (нуклонов) называется *массовым числом* и является мерой стабильности ядра. Чем ближе расположен элемент к концу таблицы Менделеева, тем больше массовое число, тем больше нейтронов в ядре и тем менее устойчивы эти ядра.

Ядра всех протонов образуют группу нуклидов. Из них некоторые являются стабильными, т. е. при отсутствии внешнего воздействия не претерпевают никаких превращений, а большинство нестабильны, т. е. постоянно превращаются в другие нуклиды за счет превращения

нейтронов в протоны. Этот процесс называется *радиоактивным распадом*, а такой нуклид — *радионуклидом*.

Электроны ядра располагаются на орбитах в строгой последовательности: на ближайшей к ядру орбите может находиться не более 2 электронов, на следующей — не более 8, на третьей — 18, далее — 32.

Переход атома из одного состояния в другое сопровождается скачкообразным изменением и его энергии. При этом происходит либо излучение, либо поглощение строго фиксированной порции энергии, называемой *квантом*.

Распад радиоактивных атомов сопровождается выходом (испусканием) α^- , β^+ , β^- частиц, конверсионных электронов, γ -квантов, иногда рентгеновского излучения. Число ядерных превращений не всегда совпадает с числом испущенных частиц и еще реже — с числом испускаемых γ -квантов. Чтобы определить число частиц или γ -квантов, испускаемых на распад ядра, необходимо знать схему распада данного радионуклида.

Скорость распада различных радионуклидов неодинакова: одни распадаются очень быстро, другие — очень медленно. Время, в течение которого распадается половина всех атомов радиоактивного препарата, называется периодом полураспада $T_{1/2}$ (например, период полураспада урана-238 равен 4,47 млрд лет, а йода-131 — всего 8 суток).

Каждый радионуклид испускает строго определенное излучение с характерной энергией. По этим излучениям определяют радионуклид. Например, цезий-137 при распаде излучает бета-частицы и гамма-квант, превращаясь в стабильный протон барий (рис. 3.15). Стронций-90 испускает бета-частицу и образует иттрий-90, который в свою очередь распадается с испусканием также бета-частицы. Плутоний-239 излучает тяжелые альфа-частицы с очень большой энергией. Число распадов не всегда соответствует количеству испущенных частиц, так как при каждом превращении их может выделяться несколько.

Число распадающихся ядер (ядерных превращений) dN в определенном количестве вещества в течение определенного интервала времени dt называется *радиоактивностью* A , т. е. $A = dN/dt$.

Единицей активности нуклида в источнике является одно ядерное превращение или один распад в секунду (расп./с). В системе СИ эта единица получила название беккерель (Бк) (1Бк = 1 расп./с).

Внесистемная единица активности кюри (Ки) определяется как активность такого числа радионуклида, в котором происходит $3,7 \cdot 10^{10}$ актов распада в секунду.

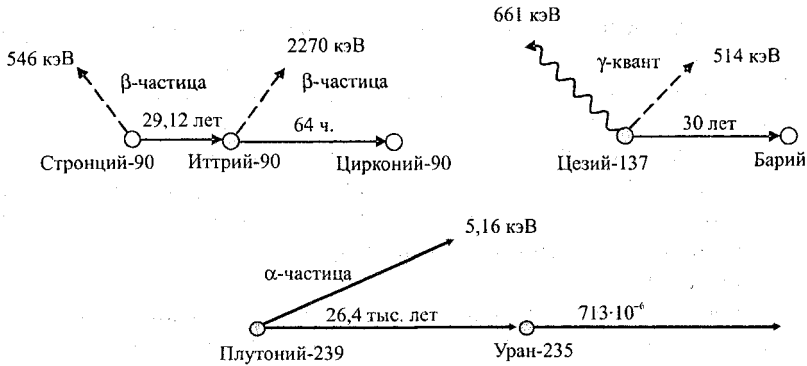


Рис. 3.15. Распад некоторых радионуклидов выброса на Чернобыльской АЭС

Различают радиоактивность источника (в источнике) как меру количества радиоактивного вещества, выраженную числом радиоактивных превращений в секунду (Бк), удельную активность как концентрацию активности в массе радиоактивного вещества (Бк/кг), объемную активность как концентрацию активности в объеме радиоактивного вещества (Бк/м³), а также плотность загрязнения как концентрацию активности на поверхности территории (Бк/м²).

Экспериментально установлено, что число радиоактивных атомов данного радионуклида уменьшается со временем по экспоненциальному закону:

$$N(t) = N(0) \exp(-\lambda t),$$

где $N(0)$ — количество радиоактивных атомов в начальный момент времени ($t = 0$); λ — постоянная распада, характеризующая скорость уменьшения числа радиоактивных ядер, с⁻¹.

Активность A радионуклида связана с числом радиоактивных атомов N в источнике в данный момент времени соотношением

$$A = \lambda \cdot N = 0,693 \cdot \frac{N}{T_{1/2}}.$$

Масса одного атома равна m_A/N_A (где m_A — атомная масса, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ (моль⁻¹) — число Авогадро), поэтому полная масса радионуклида m , соответствующая активности $A = 1$ Бк, равна, г/Бк:

$$m = N \cdot \frac{m_A}{N_A} = \frac{T_{1/2}}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 0,693},$$

где $T_{1/2}$ — период полураспада, с.

3.6.3. Некоторые характеристики ионизирующих излучений

Альфа-излучение (α -частица) — это поток частиц, являющихся ядрами атома гелия и обладающих двумя единицами заряда. Энергия α -частиц, испускаемых различными радионуклидами, лежит в пределах 2–8 МэВ. При этом все ядра данного радионуклида испускают α -частицы, обладающие одной и той же энергией. Чем больше энергия частицы, тем больше ионизация среды в единице объема массы среды или на единице длины пути. Альфа-частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью и наименьшей проникающей способностью по сравнению с другими ионизирующими излучениями. Их удельная ионизация изменяется от 25 до 60 тыс. пар ионов на 1 см пути в воздухе, длина пробега, т. е. путь, пройденный частицей в веществе до ее полной остановки (поглощения), в воздухе составляет 8–9 см, а в биологической ткани — несколько десятков микрон (порядка 30–100 мкм).

Альфа-частицы используются для ионизации газов, создания атомных батарей и источников высокого напряжения.

Опасными участками облучения α -частицами являются долго незаживающие ожоги на коже после контакта с их мощными источниками. Особенно опасно попадание α -частиц внутрь организма.

Бета-излучение представляет собой поток электронов β^- или протонов β^+ . При распаде ядер β -активного радионуклида, в отличие от α -распада, различные ядра данного радионуклида испускают β -частицы различной энергии, поэтому энергетический спектр β -частиц непрерывен. Максимальная энергия β -частиц у известных в настоящее время радионуклидов может достигать 3,0–3,5 МэВ. По сравнению с α -частицами β -излучение имеет существенно меньшую ионизирующую способность (около 100 пар ионов на 1 см пути в воздухе) и значительно большую проникающую способность. Пробег β -частиц в воздухе составляет 1500–1800 см, а в биологических тканях — до 2,5 см.

Бета-частицы используются для определения плотности некоторых веществ, толщины листовых материалов и покрытий и в других измерительных приборах. Они представляют повышенную опасность для глаз, вызывая катаракту.

Нейтральное излучение (нейтроны) представляют собой поток электрически нейтральных элементарных частиц. Нейтроны возникают при ядерных реакциях и работе ускоряющих и энергетических ядерных установок. Так как нейтроны не имеют электрического заряда, то при прохождении через вещество они взаимодействуют только с ядрами атомов. В результате этих процессов образуются либо заря-

женные частицы (ядра отдачи, протоны, нейтроны), либо γ -излучение, т. е. вторичное излучение, вызывающее ионизацию среды.

По характеру взаимодействия со средой, зависящему от уровня энергии нейтронов, они условно разделяются на четыре группы: тепловые нейтроны (до 0,5 кэВ); промежуточные нейтроны (0,5–200 кэВ); быстрые нейтроны (200 кэВ — 20 МэВ); релятивистские нейтроны (свыше 20 МэВ).

Нейтроны обладают большой пропускной способностью, зависящей от их энергии и состава атомов вещества, с которыми они взаимодействуют.

Фотонные виды излучения, имеющие электромагнитную природу (γ -излучение, рентгеновское излучение) обладают наименьшей ионизирующей и наибольшей проникающей способностью, чем особенно опасны, так как приводят к глубинному поражению внутренних органов.

Гамма-излучение (10^{20} – 10^{22} Гц) возникает при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц, т. е. в результате радиоактивного распада некоторых нуклидов распада возбужденных состояний ядер атома (перехода атомов из одного энергетического состояния в другое) в процессе ядерных реакций. Максимальная энергия γ -лучей достигает 3 МэВ.

Рентгеновское излучение (10^{17} – 10^{19} Гц) возникает, кроме ядерных превращений, в рентгеновских трубках в результате электронной бомбардировки анода (характеристическое излучение) и резкого торможения электронов в вещество (тормозное излучение). Бомбардировка анода электронами приводит к выравниванию электронов из внутренних оболочек некоторых атомов анода, в результате чего на их места переходят электроны из внешних оболочек тех же атомов, что сопровождается характеристическим излучением. Взаимодействуя с энергетическим полем ядра атома, электроны тормозятся и их энергия преобразуется в энергию тормозного излучения.

Рентгеновские излучения могут возникать в любых электровакуумных приборах, в которых анодное напряжение составляет порядка десятков и сотен киловольт. Энергия рентгеновских лучей достигает 1 МэВ и определяется по формуле

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda},$$

где h — постоянная Планка, равная $6,623 \cdot 10^{-27}$ эрг/с; ν — частота излучения, с^{-1} ; c — скорость распространения излучения в вакууме, равная $3 \cdot 10^{10}$ см/с; λ — длина волны, см.

Рентгеновские лучи обладают незначительным ионизирующим действием (несколько пар ионов на 1 см пробега в воздухе) и большой глубиной проникновения, чем так же, как и гамма-лучи, опасны для внутренних органов человека.

Прохождение фотонного излучения (γ -излучение, рентгеновское излучение) через вещество в общем не может быть охарактеризовано понятием пробега. Это обуславливается тем, что ослабление потока электромагнитного излучения в веществе происходит по экспоненциальному закону, особенностью которого является отсутствие возможности экспоненциальных кривых пересекаться с осью абсцисс. Это означает, что какой бы ни была толщина слоя вещества, полностью ослабить интенсивность фотонного излучения невозможно. Для заряженных же частиц (α , β , n) существует минимальная толщина слоя вещества-поглотителя (пробег), где происходит полное поглощение их потока.

3.6.4. Воздействие ионизирующих излучений на организм человека

Степень воздействия ионизирующих излучений на организм человека, его реакция зависят от дозы излучения, ее мощности, плотности ионизации излучения, вида облучения, продолжительности воздействия, индивидуальной чувствительности, психофизиологического состояния организма и др. Под влиянием ионизирующих излучений в живой ткани в результате поглощения энергии могут происходить сложные физические и биологические процессы. Ионизация и возбуждение тканей приводят к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры различных соединений, механизма митоза (деления) клеток, хромосомного аппарата, блокированию процессов обновления и дифференцирования клеток.

Наиболее чувствительными к действию радиации являются клетки постоянно обновляющихся тканей и органов (костный мозг, половые железы, селезенка и др.).

Указанные изменения на клеточном уровне могут приводить к нарушениям функций отдельных органов и межорганных связей, нарушению нормальной жизнедеятельности всего организма и его гибели.

Облучение организма может быть внешним, когда источник излучения находится вне организма, и внутренним — при попадании радионуклидов внутрь организма через пищеварительный тракт, органы дыхания и кожу.

При внешнем облучении наиболее опасными являются нейтронное, гамма- и рентгеновское излучения. Альфа- и бета-частицы из-за незна-

чительной проникающей способности приводят в основном к кожным поражениям.

Внутреннее облучение опасно тем, что оно вызывает образование на различных органах долго незаживающих язв.

Нарушения биологических процессов могут быть либо обратимыми, когда нормальная работа клеток облученной ткани полностью восстанавливается, либо необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и возникновению лучевой болезни — острой или хронической.

Острая форма лучевой болезни возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени. Хронические поражения развиваются в результате систематического облучения и малыми дозами. Негативные биологические эффекты хронического облучения накапливаются в организме в течение длительного времени и мало зависят от мощности дозы.

Облучение людей ионизирующими излучениями может привести к соматическим, сомато-стохастическим и генетическим последствиям.

Соматические эффекты проявляются в виде острой или хронической лучевой болезни всего организма, а также в виде локальных лучевых повреждений.

Сомато-стохастические реакции относятся к отдаленным повреждениям в виде сокращения продолжительности жизни, злокачественных изменений кровообразующих клеток (лейкозы), опухоли различных органов и клеток.

Генетические эффекты проявляются в последующих поколениях в виде генных мутаций как результат действия облучения на половые клетки при уровнях доз, не опасных для данного индивида.

Острая лучевая болезнь характеризуется цикличностью протекания со следующими периодами: период первичной реакции; скрытый период; период формирования болезни; восстановительный период; период отдаленных последствий и исходов заболевания.

Хроническая лучевая болезнь формируется постепенно при длительном и систематическом облучении дозами, превышающими допустимые (и близкими к ним), при внешнем и внутреннем облучении.

Лучевая болезнь может быть легкой (I степень), средней (II степень) и тяжелой (III степень).

Первая степень лучевой болезни проявляется в виде незначительной головной боли, вялости, слабости, нарушения сна, отсутствия аппетита и др.

Вторая степень характеризуется усилением указанных симптомов и нервно-регуляторных нарушений с появлением функциональной не-

достаточности пищеварительных желез, нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушением некоторых обменных процессов, стойкой лейко- и тромбоцитопенией.

При тяжелой (III) степени, кроме того, развивается анемия, появляется резкая лейко- и тромбоцитопения, возникают атрофические процессы в слизистой желудочно-кишечного тракта (изменения в центральной нервной системе, выпадение волос) и др.

Отдаленные последствия лучевой болезни проявляются в повышенной предрасположенности организма к злокачественным опухолям и болезням кроветворной системы.

Опасность радионуклидов, попавших внутрь организма, обуславливается рядом причин, основными из которых являются способность некоторых из них избирательно накапливаться в отдельных органах, увеличение времени облучения до выведения нуклида из организма и его радиоактивного распада, рост опасности высокоионизирующих альфа- и бета-частиц, малоопасных при внешнем облучении.

3.6.5. Нормирование и гигиеническая оценка ионизирующих излучений

Оценка биологических эффектов при воздействии ионизирующих излучений проводится по количеству энергии, которое поглощается веществом, и степени ионизации вещества.

С этой целью в качестве количественных характеристик (параметров) излучения применяются соответственно поглощенная доза $D_{\text{погл}}$ и экспозиционная доза $D_{\text{эксп}}$.

Поглощенная доза определяется как количество энергии ΔE , поглощенной единицей массы вещества (Δm), т. е.

$$D_{\text{погл}} = \frac{\Delta E}{\Delta m}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \left(\frac{\text{эрг}}{\text{г}} \right) \text{Гр.}$$

Единицей измерений поглощенной дозы в системе СИ является грей (Гр). внесистемной единицей является рад ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ эрг/г} = 100 \text{ рад}$).

Поглощенная доза излучения зависит от свойств излучения и поглощающей среды. Она служит однозначной характеристикой ионизирующего излучения по его воздействию на среду. Это обусловлено тем, что между параметрами, характеризующими такие виды излучения, как α -частицы, β -частицы, протоны, и параметром, характеризующим ионизационную способность излучения в среде, имеется прямая

зависимость. Для γ - и рентгеновского излучений такой зависимости нет, так как эти виды излучений являются косвенно ионизирующими. Следовательно, поглощенная доза не может служить характеристикой этих излучений по их воздействию на среду.

В связи с тем что повреждение тканей и другие биоэффекты зависят не только от количества поглощенной энергии, но и от ее пространственного распределения, т. е. от линейной плотности ионизации (чем выше линейная плотность ионизации, тем больше степень биологического повреждения), на практике используется эквивалентная доза $D_{\text{экв}}$, которая определяется равенством

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{погл}} \cdot K_{\text{к}}, \text{ Зв},$$

где $D_{\text{погл}}$ — поглощенная доза, Гр; $K_{\text{к}}$ — коэффициент качества, характеризующий зависимость биоэффектов при малых дозах облучения человека от линейной плотности ионизации, т. е. от вида излучения.

Значения коэффициентов качества для отдельных видов излучения следующие:

- ◆ фотоны любых энергий — 1;
- ◆ электроны с энергией менее 10 кэВ — 1;
- ◆ нейтроны с энергией менее 10 кэВ — 5; от 10 кэВ до 100 кэВ — 10; от 100 кэВ до 2 МэВ — 20; от 2 МэВ до 20 МэВ — 10; более 20 МэВ — 5.
- ◆ альфа-частицы, тяжелые ядра — 20.

В качестве единицы измерения эквивалентной дозы используется зиверт (Зв) ($1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}/K_{\text{к}} = 1 \text{ Дж}/\text{кг}$), т. е. зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр при коэффициенте качества, равном единице. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада): $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$. Бэр представляет собой такое количество энергии, поглощенное 1 г биологической ткани, при котором наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе излучения 1 рад рентгеновского излучения или γ -излучения, имеющих коэффициент качества, равный единице.

Коэффициент качества, определенным образом связанный с линейной плотностью ионизации (линейной передачей энергии частиц в среде на единицу длины пути), используется для сравнения биологического действия различных видов излучений только при расчетах радиационной защиты при эквивалентных дозах $D_{\text{экв}} < 0,25 \text{ Зв}$ (25 бэр).

Экспозиционная доза $D_{\text{экс}}$ используется преимущественно для измерения и оценки гамма- и рентгеновского излучений. Экспозиционная доза выражает энергию фотонного излучения, преобразованную в

кинетическую энергию вторичных электронов, производящих ионизацию в единице массы атмосферного воздуха. Она определяется как отношение величины заряда, возникшего в результате ионизации в элементе объема Δm , т. е.

$$D_{\text{эксн}} = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \left(\frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right), \text{Р.}$$

Единицей измерения экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл/кг). Это такая доза рентгеновского или γ -излучения, при воздействии которой на 1 кг сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях образуются ионы, несущие один нуклон электричества каждого знака.

На практике широко используется внесистемная единица экспозиционной дозы — рентген (Р). $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Между поглощенной дозой в эрг/г или эрг/см³ и экспозиционной дозой в 1 Р имеет место соотношение: $1 \text{ Р} = 88 \text{ эрг/г}$ или $0,114 \text{ эрг/см}^3$ воздуха. Эти значения поглощенной дозы называются энергетически эквивалентными рентгена.

Поглощенная в каком-либо веществе доза рентгеновского излучения и γ -излучения может быть определена в виде экспозиционной дозы с помощью соотношения

$$D_{\text{погл}}, \text{Гр} = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\mu}{\mu_{\text{в}}} \cdot D_{\text{эксн}}, \text{Р},$$

где μ и $\mu_{\text{в}}$ — массовые коэффициенты ослабления для исследуемого вещества и воздуха соответственно, см²/г.

Так как биологический эффект облучения ионизирующими излучениями зависит не только от величины дозы, но и скорости ее получения, в дозиметрии ионизирующих излучений используется понятие мощности дозы, т. е. дозы, получаемой объектом в единицу времени Δt . В соответствии с этим мощность поглощенной дозы $P_{\text{погл}}$, мощность эквивалентной дозы $P_{\text{экр}}$ и мощность экспозиционной дозы $P_{\text{эксн}}$ определяются выражениями:

$$P_{\text{погл}} = \frac{D_{\text{погл}}}{t}, \text{Гр/с}; P_{\text{экр}} = \frac{D_{\text{экр}}}{t}, \text{Зв/с}; P_{\text{эксн}} = \frac{D_{\text{эксн}}}{t} \text{ Кл/кг} \cdot \text{с}, (\text{Р/с}),$$

где t — продолжительность облучения, ч.

Учет чувствительности разных органов тела человека к ионизирующим излучениям производится с помощью коэффициентов радиаци-

онного риска w , рекомендованными Международной комиссией по радиационной защите. Умножив эквивалентные дозы на коэффициент радиационного риска и просуммировав их по всем органам, определяем эффективную эквивалентную дозу $D_{\text{экр.эф}}$, Зв, т. е.

$$D_{\text{экр.эф}} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot D_{\text{экр.}i}, \text{Зв.}$$

Эффективная эквивалентная доза отражает суммарный эффект облучения всего организма.

Согласно нормативной документации устанавливаются две категории облучаемых лиц — персонал и все население. К персоналу относятся лица, работающие с техническими источниками (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Предел индивидуального радиационного риска, т. е. вероятности того, что облучение повлечет за собой какие-либо конкретные вредные последствия для жизни человека, для техногенного облучения лиц из персонала принимается равным 10^{-3} за год, для населения — $5,0 \cdot 10^{-3}$ за год. Уровень пренебрежимого риска принимается равным 10^{-6} за год.

Для указанных категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

- ◆ основные дозовые пределы (табл. 3.22);
- ◆ допустимые уровни для одного радионуклида или одного вида внешнего облучения, пути поступления, являющиеся производными от основных дозовых пределов: пределы годового поступления; допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА); удельные активности (ДУА) и др.;
- ◆ контрольные уровни (дозы), устанавливаемые администрацией учреждений по согласованию с органами Госсанэпиднадзора (табл. 3.22).

Основные дозовые пределы облучения персонала и населения не включают в себя дозы от естественных (природных), медицинских источников и дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Годовая эффективная доза облучения принимается равной сумме эффективной дозы внешнего облучения, накопленной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же период. Интервал времени для определения величины ожидаемой эффективной дозы устанавливается равным 50 лет для лиц из персонала и 70 лет — для лиц из населения.

Таблица 3.22. Основные дозовые пределы

Нормируемая величина	Дозовый предел	
	лица из персонала (группа А)	лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике;	150 мЗв	15 мЗв
в коже;	500 мЗв	50 мЗв
в кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Для каждой категории облучаемых лиц допустимое годовое поступление радионуклидов рассчитывается путем деления годового предела дозы на соответствующий дозовый коэффициент.

3.6.6. Методы и средства измерения ионизирующих излучений

Для количественной и качественной оценки ионизирующих излучений, необходимой для обеспечения радиационной безопасности, применяются радиометры, дозиметры и спектрометры.

Радиометры предназначены для определения количества радиоактивных веществ (радионуклидов) или потока излучения (например, газоразрядные счетчики Геймера–Мюллера).

Дозиметры позволяют измерять мощность поглощенной или экспозиционной дозы.

Спектрометры служат для регистрации и анализа энергетического спектра и идентификации на этой основе излучающих радионуклидов.

Во всех приборах измерения и регистрации проникающих излучений используется один и тот же принцип, позволяющий измерять эффекты, возникающие в процессе взаимодействия излучения с веществом.

Наиболее распространенным методом регистрации ионизирующих излучений является ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации среды, через которую проходит излучение. Реализация этого метода осуществляется с помощью ионизационных камер или счетчиков, служащих датчиком. Ионизационная камера представляет собой конденсатор, состоящий из двух электродов, между которыми находится газ. Электрическое поле между электродами создается от внешнего источника. При отсутствии радиоактивного источника ионизация в камере не происходит и измерительный прибор тока по-

казывает его отсутствие. Под воздействием ионизирующего излучения в газе камеры возникают положительные и отрицательные ионы. Под влиянием электрического поля отрицательные ионы движутся к положительно заряженному электроду, а положительные — к отрицательному электроду. В результате возникает ток, который регистрируется измерительным прибором.

Сцинтилляционный метод регистрации излучений основан на измерении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующем веществе при прохождении через него ионизирующего излучения. Для регистрации световых вспышек используются фотоэлектронные умножители.

Сцинтилляционные счетчики применяются для измерения числа зараженных частиц, гамма-квантов, быстрых и медленных нейтронов, а также измерения мощности дозы от бета-, гамма- и нейтронного излучений. Кроме того, такие счетчики применяются для исследования спектров гамма- и нейтронного излучений.

Фотографический метод основан на фотохимических процессах, возникающих при воздействии излучений на фотографическую пленку или пластину. Способность фотоэмульсии регистрировать излучение позволяет установить зависимость между степенью потемнения пленки и поглощенной дозой. Чаще всего этот метод используется для индивидуального контроля дозы рентгеновского, гамма-, бета- и нейтронного излучений.

Для измерения больших мощностей дозы применяют менее чувствительные методы, такие, например, как химические системы, в которых под воздействием излучения происходят изменения в окрашивании растворов и твердых тел, осаждении коллоидов, выделении газов из соединений. С этой же целью применяются различные стекла, изменяющие свою окраску под воздействием излучения, а также калориметрические методы, основанные на измерении тепла, выделяемого в поглощающем веществе.

В последнее время все большее распространение получают полупроводниковые, фото- и термолюминесцентные детекторы ионизирующих излучений.

3.6.7. Принципы, методы и средства защиты от ионизирующих излучений

Защита от ионизирующих излучений включает в себя:

- ♦ организационные мероприятия (выполнение требований безопасности при размещении предприятий; при устройстве рабочих по-

мещений и организации рабочих мест; при работе с закрытыми и открытыми источниками; при транспортировке, хранении и захоронении радиоактивных веществ, проведение общего и индивидуального дозиметрического контроля);

- ◆ медико-профилактические мероприятия (сокращенный рабочий день до 4–6 ч, дополнительный отпуск до 24 рабочих дней, медицинские осмотры через 6–12 месяцев, лечебно-профилактическое питание и др.);

- ◆ инженерно-технические методы и средства (защита расстоянием и временем, применение средств индивидуальной защиты, защитное экранирование и др.).

К требованиям безопасности, которые необходимо выполнять при размещении предприятий, относятся:

- ◆ создание внутри предприятия двух зон — контролируемой, в которой для персонала возможно облучение свыше 0,3 ПДД, и неконтролируемой, в которой условия труда таковы, что дозы облучения не могут превышать 0,3 годовой дозы;

- ◆ образование (устройство) вокруг предприятия или учреждения санитарно-защитной зоны, в которой запрещается размещение жилых зданий, детских учреждений и других сооружений, не относящихся к предприятию. Территория вокруг предприятия, на которой проживает население, относится к зоне наблюдения.

Ширина санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения (в случае необходимости ее организации) определяется расчетным путем по выбросам радионуклидов в воздух с учетом перспективного роста мощности предприятия, а также метеорологических условий, влияющих на коэффициент рассеяния выбросов в атмосфере. Критериями для установления ширины санитарно-защитной зоны служат предел годового поступления (ПГП) радиоактивных веществ через органы дыхания и предел дозы (ПД) внешнего облучения ограниченной части населения.

3.6.8. Требования безопасности при работе с закрытыми и открытыми источниками излучения

При использовании закрытых источников излучения, приборов, аппаратов и установок с источниками (в том числе неизотопными) ионизирующее излучение следует направлять к земле или в сторону, где отсутствуют люди.

Необходимо максимально удалять источники от персонала и ограничивать время пребывания людей вблизи источников, создавать передвижные ограждения и защитные экраны, вывешивать предупреди-

тельные знаки радиационной опасности, отчетливо видимые с расстояния не менее 3 м, использовать специальные устройства дистанционного управления.

Все радиоактивные источники излучения в рабочем помещении должны находиться в защитных контейнерах, а нерадиоактивные источники — в обесточенном состоянии.

Помещения, где размещаются стационарные установки с мощными источниками, должны оборудоваться блокировками и сигнализацией при превышении мощности дозы.

Загрязненный воздух, удаляемый из помещений, где ведутся работы с радиоактивными веществами, необходимо подвергать очистке на фильтрах (при превышении активности на выбросе допустимой концентрации для воздуха рабочих помещений).

Жидкие отходы считаются радиоактивными, если содержание в них радиоактивных веществ в три раза превышает допустимую концентрацию питьевой воды.

3.6.9. Требования радиационной безопасности при хранении и транспортировке радиоактивных веществ

Для кратковременного хранения альфа-, бета- и гамма-источников используются стационарные (конструктивно связанные со зданием) и нестационарные (для гамма-источников) сейфы, стенки которых изготавливаются из свинца, чугуна, стали и др.

Хранилища устраиваются на уровне нижних отметок здания и оборудуются устройствами (сейфами, колодцами, нишами), ослабляющими излучения до допустимых уровней.

Хранение радиоактивных веществ в лаборатории разрешается в количествах, не превышающих суточной потребности, в сейфе под вытяжной вентиляцией.

При транспортировке (перевозке, переноске) радиоактивных веществ должны быть исключены их разливание и просыпание. Для этого используются контейнеры, упакованные в тару.

3.6.10. Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты от попадания радиоактивных загрязнений на кожу тела работающих и внутрь организма, а также от альфа- и бета-излучений.

Для защиты всего тела применяется спецодежда в виде халатов, шапочек, резиновых перчаток и др. При работах с изотопами большой активности (>10 мКи) применяются комбинезоны, спецбелье, пленоч-

ные хлорвиниловые фартуки и нарукавники, клееночные халаты, тапочки или ботинки, для защиты рук — перчатки из просвинцованной резины, для защиты ног — специальная пластиковая обувь.

Для *защиты глаз* применяются очки, стекло которых может быть обычным (при альфа- и мягких бета-излучениях); органическим (при бета-излучениях высоких энергий); свинцовым или с фосфатом вольфрама (при гамма-излучениях); с боросиликатом кадмия или фтористыми соединениями (при нейтронном облучении) и др.

При содержании радиоактивных веществ в паро-, газо- или пылевидном состоянии для защиты от них применяются очки закрытого типа с резиновой полумаской.

Для *защиты органов дыхания* применяются респираторы или шланговые приборы (противогазы), пневмокостюмы и пневмошлемы.

Для предотвращения или частичного ослабления воздействия радионуклидов, попавших в организм, а также для предупреждения отложения их в организме и ускорения выведения рекомендуются такие меры, как промывание желудка и кишечника, использование адсорбентов, веществ для замещения радионуклидов или комплексообразования с последующим ускоренным их выведением из организма (сернокислый барий, глюконат кальция, хлористый кальций, хлористый аммоний, пентацин, йодная настойка или йодистый калий и др.).

3.6.11. Защитное экранирование

При проектировании и расчете защитных экранов определяют их материал и толщину, которые зависят от вида излучения, энергии частиц и квантов и необходимой кратности ослабления.

Расчет защитных экранов основывается на особенностях и закономерностях взаимодействия различных видов излучения с веществом.

Для *защиты от альфа-частиц* необходимо, чтобы толщина экрана d_α превышала длину пробега альфа-частиц R_α в данном материале экрана ($d_\alpha \geq R_\alpha$).

Пробег альфа-частиц с энергией 4–7 МэВ в воздухе при температуре +15°C и давлении 760 мм рт. ст. определяется по формуле

$$R_{\alpha\text{в}} = 0,318 \cdot E_\alpha^{3/2} \text{ см,}$$

где E_α — энергия альфа-частиц, МэВ.

При $E_\alpha < 4$ МэВ, $R_{\alpha\text{в}} = 0,56 \cdot E_\alpha$.

Пробег альфа-частиц с энергией 4–7 МэВ в веществе, отличном от воздуха x , определяется по формуле

$$R_{x\alpha} = R_{\alpha} \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_x} \sqrt{\frac{A_x}{A_{\text{возд}}}} = 1,178 \cdot 10^{-4} \frac{\sqrt{A_x \cdot E_{\alpha}^3}}{\rho_x}, \text{ см},$$

где A_x — относительная атомная масса вещества; ρ_x — плотность данного вещества, г/см³.

Для защиты от внешнего облучения альфа-частицами обычно применяют тонкую металлическую фольгу (20–100 мкм), стекло, плексиглас или несколько сантиметров воздушного зазора.

Для защиты от бета-излучений применяют экран из материалов с малым атомным весом (алюминий, оргстекло, полистирол и др.), так как при прохождении бета-излучений через вещество возникает вторичное излучение, энергия которого увеличивается с ростом атомного номера материала.

При высоких энергиях бета-частиц (≥ 3 МэВ) применяют двухслойный экран, наружный слой которого выполняется из алюминия, а внутренняя облицовка изготавливается из материалов с малым атомным номером (с целью уменьшения первоначальной энергии электронов).

Толщина слоя различных материалов для поглощения бета-излучения определяется также максимальным пробегом бета-частиц.

Максимальные пробеги бета-частиц в воздухе и алюминии можно определить из следующих соотношений соответственно:

$$R_{\text{возд}} \cong 400 \cdot E_{\text{макс}}, \text{ см};$$

$$R_{\text{ал}} \cong 2 \cdot E_{\text{макс}}, \text{ см},$$

где $E_{\text{макс}}$ — максимальная энергия бета-частиц, МэВ.

Ослабление бета-излучения источников с разной максимальной энергией электронов непрерывного бета-спектра происходит по экспоненциальному закону:

$$\Pi_x = \Pi_0 \exp(-\mu x) = \Pi_0 \exp[-(0,693/\Delta)x],$$

где Π_x — плотность потока частиц за слоем поглотителя толщиной x ; Π_0 — плотность потока без поглотителя; μ — линейный коэффициент ослабления; Δ — слой вещества, который вдвое ослабляет интенсивность пучка бета-частиц (слой половинного ослабления).

Для алюминия установлена эмпирическая связь между слоем половинного ослабления Δ и максимальной энергией электронов бета-спектра $E_{\text{макс}}$:

$$\Delta = 0,0115 \cdot E_{\text{макс}}^{1,33}.$$

Для других материалов слой половинного ослабления Δ (г/см²) можно определить в зависимости от $E_{\text{макс}}$ по формуле

$$\Delta = 0,095(Z/A) \cdot E_{\text{макс}}^{3/2}.$$

При проектировании защитного экранирования от нейтронов выбирают вещества с малым атомным номером (вода, полиэтилен, парафин, органические пластмассы и др.), так как при каждом столкновении с ядром нейтрон теряет тем большую часть своей энергии, чем ближе масса ядра к массе нейтрона.

Ослабление узкого пучка нейтронов тонким слоем вещества происходит по экспоненциальному закону

$$\Phi_x = \Phi_0 \exp(-N \cdot \sigma_t \cdot x),$$

где Φ_0 и Φ_x — плотность потока нейтронов до и после прохождения ими вещества толщиной x ; N — число ядер в 1 см³ вещества; σ_t — суммарное атомное эффективное сечение взаимодействия нейтронов с ядрами, представляющее собой сумму сечений всех возможных видов взаимодействия: σ_s — упругого рассеяния; σ_t — неупругого рассеяния; σ_r — радиационного захвата; σ_p , σ_α и т. п. — ядерных реакций, в том числе σ_f — реакции деления ядер.

При защите от нейтронного излучения необходимо учитывать, что процесс поглощения эффективен для тепловых, медленных и резонансных нейтронов, поэтому быстрые нейтроны должны быть предварительно замедлены. Средняя потеря энергии при упругом рассеянии максимальна на легких ядрах (например, водороде) и минимальна на тяжелых. Вероятность потери энергии при неупругом рассеянии возрастает на тяжелых ядрах и с увеличением энергии нейтрона. Тепловые нейтроны диффундируют через защиту до тех пор, пока не будут захвачены или не выйдут за ее пределы, поэтому важно обеспечить быстрое поглощение тепловых нейтронов посредством выбора наиболее эффективных поглотителей. После захвата тепловых нейтронов почти всегда возникает гамма-излучение, которое необходимо ослабить. Таким образом, защита от нейтронов должна иметь в своем составе водород или другое легкое вещество для замедления быстрых и промежуточных нейтронов при упругом рассеянии, тяжелые элементы с большой атомной массой для замедления быстрых нейтронов в процессе неупругого рассеяния и ослабления от захватного гамма-излучения, элементы с высоким эффективным сечением поглощения тепловых нейтронов.

Закон ослабления дозы нейтронов слоем вещества (отличного от водорода), помещенного в однородную водородсодержащую среду (например, воду), может быть представлен выражением

$$D(R, x) = D_{\text{н}}(R, x) \exp(-\Sigma_{\text{выв}} \cdot x),$$

где $D(R, x)$ — доза на расстоянии R от источника; $D_{\text{н}}(R, x)$ — доза при отсутствии ослабляющего слоя; $\Sigma_{\text{выв}}$ — макроскопическое сечение выведения; x — толщина слоя вещества (пластины).

Для защиты от гамма-лучей применяются экраны из металлов высокой плотности (свинец, висмут, вольфрам), средней плотности (нержавеющая сталь, чугун, медные сплавы) и некоторые строительные материалы (бетон, баритобетон и др.).

Ослабление гамма-излучения в веществе происходит по экспоненциальному закону. Для параллельного узкого пучка, состоящего из гамма-квантов, одинаковой энергии E_{γ} интенсивность излучения I_x на глубине x поглощающего слоя будет равна:

$$I_x = I_0 \exp(-\mu x),$$

где $I_0 = N_{\gamma} \cdot E_{\gamma}$ — начальная интенсивность гамма-излучения (здесь N_{γ} — число гамма-квантов энергией E_{γ} , проходящих в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной потоку излучения при $x = 0$; μ — коэффициент ослабления).

Для расчета защиты от широкого пучка гамма-излучения от точечного моноэнергетического источника можно использовать соотношение

$$I_x = \left(\frac{R}{R+x} \right)^2 I_0 \exp(-\mu x) B = \left(\frac{R}{R+x} \right)^2 I_0 \exp\left(-0,693 \frac{x}{\Delta}\right) B,$$

где R — расстояние от источника до поверхности ослабляющей среды; B — фактор накопления, зависящий от энергии гамма-излучения, материала и толщины вещества; Δ — слой половинного ослабления.

В практике расчета защиты от гамма-излучения широко применяются универсальные таблицы, позволяющие определить толщину защиты по заданному уменьшению мощности дозы, а при известной толщине защиты легко найти кратность ослабления излучения и определить допустимое время работы за защитой или допустимое значение активности источника. По этим таблицам определяют также дополнительную защиту к уже существующей, требуемый набор толщины слоев различных материалов, линейные или массовые эквиваленты отдельных защитных материалов, слой полуослабления в различных интервалах толщины материала и др. Однако указанные таблицы пригодны только для моноэнергетических источников гамма-излучения. В тех случаях, если источник имеет сложный спектр из-

лучения, расчет толщины защиты, обеспечивающий необходимую кратность ослабления, ведут методом «конкурирующих» линий.

При защите от рентгеновского излучения толщина защитного экрана d определяется необходимой степенью ослабления мощности дозы облучения:

$$P_d = P_0 \cdot e^{-\mu d},$$

где P_d — доза за защитным экраном, Р/мин; P_0 — мощность дозы без экрана; μ — линейный коэффициент ослабления, Р/мин.

Для экранирования от рентгеновского излучения используются такие материалы, как свинец, бетон, свинцовое стекло и др.

Защита от мягкого рентгеновского излучения от установок I и II групп (соответственно используемого и неиспользуемого рентгеновского излучения) должна конструктивно входить в состав установок и обеспечивать необходимое ослабление.

В отдельных случаях, когда по характеру выполняемых работ использование стационарной защиты затруднено, допускается обеспечение защиты путем использования переносных защитных ширм, экранов, а также средств индивидуальной защиты (защитные фартуки, рукавицы, щитки и др.).

Расчет защиты установок необходимо проводить исходя из наиболее жестких условий их эксплуатации, т. е. из максимальных значений анодного напряжения и силы тока.

В целях защиты высоковольтные электронные приборы или вся установка, генерирующие мягкое рентгеновское излучение, помещаются в металлические кожухи, шкафы или блоки.

При напряжении на электродах электровакуумных приборов до 60 кВ экраны должны изготавливаться из стальных, свинцовых или алюминиевых щитов толщиной 5 мм, просвинцованного стекла толщиной 3 мм или специальной резины.

Смотровые окна в металлических экранах должны закрываться просвинцованным стеклом толщиной 8 мм или плексигласом толщиной 30 мм.

При расчете толщины защитных устройств рекомендуется вводить двукратный запас добротности защиты, т. е. увеличивать расчетное значение на один слой половинного ослабления.

Для повышения защищенности организма от ионизирующих излучений и снижения тяжести клинического течения лучевой болезни большое распространение на практике получили различные лекарственные препараты или радиопротекторы, которые вводятся в организм перед облучением и присутствуют в нем во время облучения (например, РС-1, Б-190, РДД-77 и др.).

Глава 4

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ)

Техника безопасности — это система организационных и технических мероприятий, технических способов и средств, обеспечивающих с определенной вероятностью (достаточным уровнем риска) защиту персонала преимущественно от опасных производственных факторов, приводящих к травмированию и гибели работающих.

В задачи техники безопасности входят выявление потенциальных опасностей и их источников, количественная и качественная оценка этих опасностей и разработка комплекса мер по обеспечению безопасности работающих с целью сокращения производственного травматизма и гибели людей в результате несчастных случаев, аварий, катастроф и т. д.

4.1. Основные причины несчастных случаев на производстве

Условно основные причины несчастных случаев можно разделить на организационные, технологические, санитарно-гигиенические и психофизиологические.

Организационные причины обусловлены низким уровнем образования, профессиональной подготовки работника, отсутствием достаточного опыта и навыков в работе, пренебрежением требованиями безопасности, недисциплинированностью, безответственностью (нарушение инструкций, технических указаний, правил эксплуатации и т. п.)

Технологические причины вызваны низким техническим уровнем оборудования и технологий, несоответствием их характеристик мировым стандартам, неисправностью оборудования и нарушением технологических процессов, низким уровнем эффективности защитных мер, неисправностью средств защиты и приспособлений.

Санитарно-гигиенические причины включают в себя несоответствие требованиям санитарных норм (правил, стандартов), характеристик

производственной среды (освещение, микроклимат, шумы, вибрация, различные излучения и др.). Эти причины способствуют более быстрому снижению работоспособности, ведут к утомлению и как следствие — нарушению координации движения, снижению внимания и повышению вероятности травмирования.

Психофизиологические причины появляются в результате физических и нервно-психических перегрузок, состояния утомления и других психических состояний, возникающих в результате внешних воздействий или присущих данной личности, способствующих утомлению.

4.2. Защита от поражения электрическим током

Современное производство немыслимо без широкого использования электрической энергии. Использование электрического тока повышает производительность труда и культуру производства и в то же время представляет большую опасность для жизни и здоровья людей. В отличие от других опасностей электрический ток невозможно обнаружить дистанционно без приборов.

Поражение человека электрическим током возможно при замыкании электрической цепи через его тело, что может иметь место при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках (например, при двухфазном или однофазном включении в сеть, стоя на земле или касаясь каких-либо заземленных конструкций; при контакте с нетоковедущими частями оборудования, случайно оказавшимися под напряжением из-за нарушения изоляции проводов электропитания оборудования или электрифицированного инструмента и др.).

Защита от поражения электрическим током, или *электробезопасность*, включает в себя систему организационных и технических мероприятий, технических способов и средств, обеспечивающих безопасные условия труда работающих, с технологическим оборудованием и ручным инструментом, использующим электрическую энергию, с целью сокращения электротравматизма до приемлемого (и ниже) уровня риска.

Статистика несчастных случаев в результате электропоражения показывает, что общее число травм, вызванных электрическим током, с потерей трудоспособности невелико и составляет приблизительно 0,5–1,0 % (в энергетике — 3–3,5 %) от общей численности несчастных случаев на производстве. Однако случаи со смертельным исходом на производстве составляют 30–40 %, а в энергетике — до 60 %. Согласно статистике 75–80 % смертельных поражений электрическим током

происходит при эксплуатации установок, электропитание которых осуществляется напряжением 380/220 и 220/127 В.

4.2.1. Действие электрического тока на организм человека

Проходя через организм человека, электрический ток может вызывать термическое, электролитическое и биологическое действие.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов и нервных волокон.

Электролитическое действие вызывает разложение крови и других органических жидкостей, значительные нарушения их физико-химических составов.

Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться непроизвольным судорожным сокращением мышц, в том числе мышц сердца и легких. В результате могут возникнуть различные нарушения в организме, в том числе нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Раздражающее действие тока на ткани может быть *прямым*, если ток проходит непосредственно по этим тканям, и *рефлекторным*, т. е. ток проходит через центральную нервную систему, не затрагивая их.

Все многообразие действия электрического тока приводит к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дугой (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения).

Электрический удар вызывает возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольным судорожным сокращением мышц.

Различают четыре степени электрических ударов:

I степень — судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II степень — судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимся дыханием и работой сердца;

III степень — потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV степень — клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от электрического тока могут быть прекращение дыхания и электрический шок.

Остановка сердца или его фибрилляция (т. е. быстрые хаотические и одновременные сокращения волокон (фибрилл) сердечной мышцы,

при которых сердце перестает работать как насос, в результате чего в организме прекращается кровообращение) может наступить при прямом или рефлекторном действии электрического тока.

Прекращение дыхания как первопричина смерти от электрического тока вызывается непосредственным или рефлекторным воздействием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания, в результате наступает асфиксия (удушие в результате недостатка кислорода и избытка углекислоты в организме).

Электрический шок — это тяжелая реакция организма в ответ на сильное электрическое раздражение, сопровождающаяся опасными расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и др. Такое состояние может продолжаться от нескольких минут до суток.

4.2.2. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током

Исход воздействия электрического тока на организм человека зависит от ряда факторов, из которых основными являются: величина электрического тока; величина напряжения, воздействующего на организм; электрическое сопротивление тела человека; длительность воздействия тока на организм; род и частота тока; путь протекания тока в теле; психофизиологическое состояние организма, его индивидуальные свойства; состояние и характеристика окружающей среды (производственного помещения) — температура, влажность, загазованность и запыленность воздуха и др.

4.2.3. Меры первой помощи пострадавшим от электрического тока

Первая доврачебная помощь при несчастных случаях от поражения электрическим током включает два этапа:

- 1) освобождение пострадавшего от действия тока;
- 2) оказание пострадавшему медицинской помощи.

Так как исход поражения зависит от длительности воздействия тока, очень важно как можно быстрее освободить пострадавшего от дальнейшего действия тока и начать оказание пострадавшему медицинской помощи, поскольку период клинической смерти продолжается не более 7–8 мин. Заключение о смерти пострадавшего может вынести только врач.

При невозможности быстрого отключения установки следует отделить пострадавшего от токоведущих частей, которых он касается. При этом оказывающий помощь должен принять меры, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или телом пострадавшего.

Меры первой помощи зависят от состояния пострадавшего после освобождения его от действия тока.

Если пострадавший пришел в сознание (до этого находился в состоянии обморока), его следует уложить на подстилку, до прибытия врача обеспечить полный покой и наблюдать за пульсом и дыханием.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимися дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку, обеспечить приток свежего воздуха, поднести к носу вату, смоченную нашатырным спиртом, обрызгивать лицо холодной водой.

При плохом дыхании пострадавшего (очень редкое, судорожное) необходимо делать искусственное дыхание и массаж сердца.

Если у пострадавшего отсутствуют признаки жизни — дыхание и пульс (состояние клинической смерти), следует немедленно приступить к его реанимации, т. е. проведению искусственного дыхания и массажа сердца.

Искусственное дыхание выполняется с целью насыщения крови кислородом, необходимым для функционирования всех органов и систем. Кроме того, искусственное дыхание вызывает рефлекторное возбуждение дыхательного центра головного мозга, что обеспечивает восстановление самостоятельного (естественного) дыхания пострадавшего.

Наиболее эффективным из ручных способов искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» или «изо рта в нос». Он заключается во вдвухании воздуха из легких оказывающего помощь в легкие пострадавшего через его рот или нос.

Массаж сердца представляет собой искусственные ритмические сжатия сердца пострадавшего, имитирующие его самостоятельные сокращения, с целью искусственного поддержания кровообращения в организме пострадавшего и восстановления нормальных естественных сокращений сердца. При поражении электрическим током проводится непрямой массаж сердца, т. е. ритмическое надавливание на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего.

При оживлении организма причиной длительного отсутствия пульса у пострадавшего при появлении других признаков реанимации (восстановление самостоятельного дыхания, сужение зрачков) может явиться фибрилляция сердца. В таких случаях должна быть сделана дефибрилляция сердца с помощью дефибриллятора прибывшими медицинскими работниками, а до этого момента непрерывно проводятся искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

4.2.4. Оценка опасности поражения электрическим током

Оценка опасности электропоражения заключается в расчете (или измерении) протекающего через тело человека тока I_h или напряжения прикосновения $U_{пр}$ и в сравнении этих величин с предельно допустимыми их значениями ($I_{h,д}$ и $U_{пр,д}$) в зависимости от продолжительности воздействия тока.

Оценка электропоражения проводится в нормальном режиме работы электроустановки и в аварийном, т. е. в режиме, при котором могут возникнуть опасные ситуации, приводящие к электротравмированию людей, взаимодействующих с установкой (например, при замыкании электропитания установки на ее корпус или другие электропроводящие части в результате нарушения изоляции).

Оценка опасности в таких случаях позволяет определить необходимость применения способов и средств защиты, а максимально возможные (или фактические) и предельно допустимые значения тока, проходящего через тело человека, или допустимые напряжения прикосновения служат исходными данными для их проектирования и расчета.

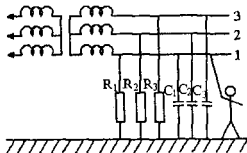
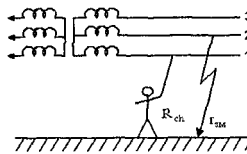
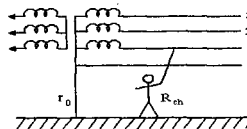
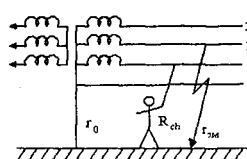
Максимально возможные значения тока, протекающего через тело человека при однофазном, однопроводном или однополюсном прикосновении, могут быть рассчитаны по формулам, представленным соответственно в табл. 4.1 и 4.2.

Как следует из табл. 4.1, более безопасной трехфазной сетью при нормальном режиме ее работы (т. е. при сопротивлении фазных проводов относительно земли не менее 500 кОм) при однофазном прикосновении является трехфазная сеть с изолированной от земли нейтралью, а в аварийном режиме (т. е. при замыкании одной из фаз на землю через сопротивление, значительно меньше требуемого сопротивления изоляции ($r_{зм} \ll Z$)) является трехфазная сеть с заземленной нейтралью, напряжение прикосновения $U_{пр}$ при однофазном прикосновении к исправной фазе равно линейному напряжению сети ($U_{пр} = U_{л}$), а в сети с заземленной нейтралью при тех же условиях — напряжение прикосновения всегда меньше линейного, хотя и больше фазного ($U_{л} > U_{пр} > U_{ф}$).

При выборе схемы трехфазной сети (по количеству проводов) и режима ее нейтрали относительно земли (изолирована либо заземлена) руководствуются двумя требованиями: степенью опасности той или иной сети, а также ее технологичностью, т. е. удобством эксплуатации потребителем электрической энергии.

По безопасности предпочтительнее трехфазная сеть с заземленной нейтралью, так как она менее опасна в аварийном режиме работы, а по технологичности — четырехпроводная сеть, поскольку в этом случае к сети можно подключать как трехфазные, так и однофазные потребители энергии.

Таблица 4.1. Формулы для расчета электрического тока, протекающего через тело человека I_h при однофазном прикосновении в трехфазных сетях с разным режимом нейтрали по отношению к земле (изолирована, заземлена)

Характеристика сети	Схема сети	Формула для расчетов токов
<p>Трехфазная сеть с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы, т. е. при сопротивлении изоляции фазных проводов по отношению к земле $Z \geq 500$ кОм в сетях напряжением до 1000В</p>		<p>При $R_1 = R_2 = R_3 = R$; $C_1 = C_2 = C_3 = C$</p> $i_h = \frac{3 \cdot U_\phi}{3 \cdot R_{ch} + Z} \text{ или в действительном виде:}$ $I_h = \frac{U_\phi}{R_{ch} \sqrt{1 + \frac{R \cdot (R + 6 \cdot R_{ch})}{9 \cdot R_{ch}^2 \cdot (1 + R^2 \cdot \omega^2 \cdot C^2)}}$ <p>При $C_1 = C_2 = C_3 = C \rightarrow 0$ (в сетях небольшой протяженности), $Z \approx R$, тогда</p> $I_h = \frac{3 \cdot U_\phi}{3 \cdot R_{ch} + R}$
<p>Трехфазная сеть с изолированной нейтралью при аварийном режиме работы (одна из фаз замкнута на землю через сопротивление замыкания, $r \ll Z$).</p>		$I_h = \frac{U_\phi}{R_{ch} + r_{зм}}$ $U_{np} = U_\phi$
<p>Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при нормальном режиме работы</p>		$I_h = \frac{U_\phi}{R_{ch} + r_0}$ <p>так как $r_0 \ll R_{ch}$, то $I_h = \frac{U_\phi}{R_{ch}}$</p>
<p>Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при аварийном режиме работы (одна из фаз замкнута на землю)</p>		<p>а) при $r_{зм} \gg r_0$</p> $I_h \approx \frac{U_\phi}{R_{ch}}; U_{np} \rightarrow U_\phi$ <p>б) при $r_{зм} \ll r_0$</p> $I_h \approx \frac{U_\phi}{R_{ch}}; U_{np} \rightarrow U_\phi$ <p>таким образом, $U_\phi > U_{np} > U_\phi$</p>

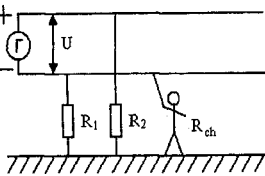
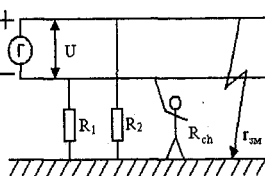
На практике применяются следующие электрические сети:

- ♦ трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью (обычно в небольших лабораториях, на производственных участках, где используются только трехфазные потребители и обеспечивается сопротивление изоляции фазных проводов такой сети по отношению к земле не менее 500 кОм);
- ♦ трехфазная четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью (практически на всех предприятиях в жилых и общественных помещениях);
- ♦ трехфазная четырехпроводная сеть с изолированной нейтралью, как исключение, в передвижных установках.

Таблица 4.2. Формулы для расчета электрического тока, проходящего через тело человека I_h при однопроводном прикосновении в двухпроводных сетях переменного (50 Гц) и постоянного тока

Характеристика сети	Схема включения человека в электрическую сеть	Формула для расчета тока
1	2	3
Двухпроводная сеть переменного тока, изолированная от земли в нормальном режиме работы		$I_h = \frac{UR_1}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_{ch} + R_2 \cdot R_{ch}}$ При $R_1 = R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C \rightarrow 0$ $I_h \approx \frac{U}{2 \cdot R_{ch} + R}$
Двухпроводная сеть переменного тока, изолированная от земли в аварийном режиме работы		$I_h = \frac{UR_1}{R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_{ch} + R_3 \cdot R_{ch}}$ где $R_3 = \frac{R_2 \cdot r_{3m}}{R_2 + r_{3m}}$ — эквивалентное сопротивление
Двухпроводная сеть переменного тока с заземленным проводом (прикосновение к незаземленному проводу)		$I_h = \frac{U}{R_{ch} + r_0};$ так как $R \gg r_0$, то $I_h = \frac{U}{R_{ch}}$

Окончание табл. 4.2.

1	2	3
Двухпроводная сеть постоянного тока в нормальном режиме работы		<p>В установившемся режиме:</p> $I_h = \frac{U \cdot R_1}{R_{ch} \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}$ <p>при $R_1 = R_2 = R$</p> $I_h = \frac{U}{2 \cdot R_{ch} + R};$
Двухпроводная сеть постоянного тока в аварийном режиме работы (провод 2 замкнут на землю через сопротивление замыкания $r_{зм}$)		<p>В установившемся режиме:</p> <p>При $r_{зм} \ll R_1, R_2$</p> $I_h = \frac{U}{R_{ch} + r_{зм}}$

Пр и м е ч а н и е. В табл. 4.1 и 4.2 приняты следующие обозначения: R_1, R_2, R_3 — активное сопротивление изоляции фазных проводов по отношению к земле; C_1, C_2, C_3 — электрическая емкость фазных проводов по отношению к земле; Z — реактивное сопротивление фазных проводов по отношению к земле ($Z = R + \frac{1}{j\omega C}$, где $\omega = 2\pi f$ — круговая частота); U_ϕ — фазное напряжение; U_n — линейное напряжение ($U_n = \sqrt{3} \cdot U_\phi$); R_{ch} — полное сопротивление в цепи тела человека; U — напряжение двухпроводных сетей переменного или постоянного тока.

При расчетах I_h по формулам, приведенным в табл. 4.1 и 4.2, необходимо принимать Z и R при нормальном режиме работы электрических сетей напряжением до 1000 В равными 500 кОм. Сопротивление заземления нейтралью источника тока в трехфазных сетях r_0 принимается равным 2, 4 или 8 Ом в зависимости от напряжения сети (соответственно 660/380, 380/220 и 220/127 В). При расчете полного сопротивления в цепи тела человека R_{ch} , которое включает в себя сумму сопротивлений тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и основания (пола или грунта), на котором стоит человек $R_{ос}$, сопротивление собственного тела человека следует принимать равным 1 кОм при напряжении прикосновения $U_{пр} \geq 50$ В и 6 кОм при $U_{пр} \leq 50$ В.

Предельно допустимые (наибольшие допустимые) значения напряжения прикосновения и токов, проходящих через тело человека, для нормального (неаварийного) и аварийного режимов работы электроустановок приведены в табл. 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3. Предельно допустимые значения прикосновения $U_{\text{пр.нд}}$ и тока, проходящего через тело человека $I_{\text{нд}}$ при нормальном (неаварийном) режиме работы установок

Род и частота тока	Наибольшие допустимые значения (нормальный режим)	
	$U_{\text{пр.нд}}$, В	$I_{\text{нд}}$, мА
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1,0

Примечание. Настоящие нормы (табл. 4.3) соответствуют продолжительности воздействия тока на человека не более 10 мин в сутки. Для лиц, выполняющих работу в условиях высокой температуры (более $+25^{\circ}\text{C}$) и влажности воздуха (относительная влажность более 75 %), приведенные нормы должны быть уменьшены в три раза.

Для оценки опасности электропоражения может быть определена вероятность возникновения электротравмы в конкретных производственных условиях.

Поражение человека электрическим током наступает при совпадении двух факторов: $P(A)$ — вероятности того, что при прикосновении к электроустановке человек попал под напряжение, и $P(B)$ — вероятности того, что ток, проходящий через тело человека, превысит (с учетом времени воздействия) допустимое значение.

Таблица 4.4. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения $U_{\text{пр.нд}}$ и тока, проходящего через тело человека $I_{\text{нд}}$ при аварийном режиме работы установок

Род и частота тока	Нормируемая величина	Наибольшие допустимые значения при продолжительности воздействия, с						
		0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	Более 1,0
Переменный, 50 Гц	$U_{\text{пр.нд}}$, В	500	250	125	85	65	50	42
	$I_{\text{нд}}$, мА	500	250	125	85	65	50	6
Переменный, 400 Гц	$U_{\text{пр.нд}}$, В	500	500	250	170	130	100	42
	$I_{\text{нд}}$, мА	500	500	250	170	130	100	8
Постоянный	$U_{\text{пр.нд}}$, В	500	400	300	240	220	210	50
	$I_{\text{нд}}$, мА	500	400	300	240	220	210	15

Фактор B зависит от фактора A , поэтому вероятность поражения током равна:

$$P = P(B/A) \cdot P(A).$$

Вероятность появления фактора A равна:

$$P(A) = P(G) \cdot P(D),$$

где $P(G)$ — вероятность прикосновения человека к электроустановке; $P(D)$ — вероятность появления на установке напряжения.

Таким образом, вероятность поражения человека током составит:

$$P(A) = P(G) \cdot P(D) + P(B/A).$$

Это выражение позволяет количественно оценить опасность электропоражения для данного типа электроустановок, определить эффективные пути снижения электротравматизма.

Вероятность появления факторов G и D для конкретных типов электроустановок можно определить путем анализа надежности и условий эксплуатации, хронометрии производственного процесса. При этом учитываются только те отказы (аварии) в электроустановках, которые ведут к возникновению условий поражения.

Для нахождения вероятности реализации фактора B определяется ток, проходящий через тело человека, и его значение сравнивается с допустимым. От значения I_h зависят также выбор средств защиты и определение их характеристик.

4.2.5. Способы и средства обеспечения электробезопасности

Электробезопасность персонала обеспечивается конструкцией электроустановок, организационными и техническими мероприятиями, а также техническими способами, средствами и приспособлениями.

Требования электробезопасности к конструкции и устройству электроустановок определяются нормативными документами (стандарты, правила, нормы и др.) и технологическими условиями на электротехнические изделия (выбор материалов, размещение деталей, обработка и др.).

Организационные мероприятия включают в себя требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, обучение, проверка знаний и др.); назначение лиц, ответственных за организацию и производство работ; оформление наряда (распоряжения) на производство работ; осуществление допуска к проведению работ; организацию надзора за проведением работ и др.

Технические мероприятия в действующих установках со снятым напряжением при работах в электроустановках или вблизи их предполагают отключение установки (или ее части) от источника; механическое запираание приводов, отключающих коммутационные аппараты; снятие

предохранителей; отсоединение концов питающих линий; установку знаков безопасности и ограждений; применение заземления и др.

Технические мероприятия при выполнении работ под напряжением включают в себя применение изолирующих, ограждающих и вспомогательных защитных средств.

Изолирующие защитные средства служат для изоляции персонала от частей электрооборудования или проводов сети, находящихся под напряжением, а также для изоляции человека от земли.

Изолирующие средства делятся на основные и дополнительные.

К *основным* относятся такие средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и с помощью которых допускаются работы в электроустановках под напряжением и изолируют главным образом руки работающих от токоведущих частей или частей, оказавшихся под напряжением (рис. 4.1).

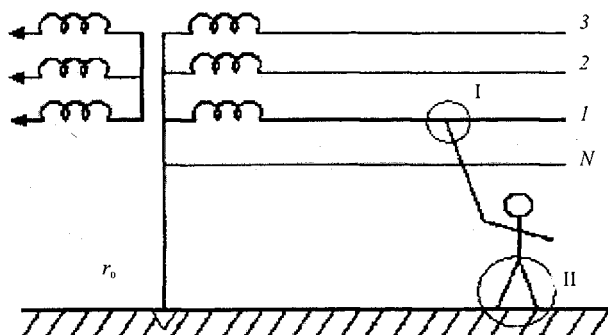


Рис. 4.1. Использование основных (I) и дополнительных (II) изолирующих средств

К ним относятся (в электроустановках напряжением до 1000 В) электрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения (токоискатели) и др.

К *дополнительным* относятся средства, которые сами по себе не могут обеспечить электробезопасность и лишь дополняют защитную роль основных изолирующих средств, изолируя ноги работающих от земли (рис. 4.1). К дополнительным защитным изолирующим средствам относятся диэлектрические галоши, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки и др.

Основные изолирующие средства должны применяться совместно с дополнительными. В этом случае сопротивление в цепи тела человека резко увеличивается, снижая опасность электропоражения.

Ограждающие защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей и защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям оборудования. К ним относятся временные переносные ограждения (щиты, ограждения-клетки и др.), изолирующие накладки, кожухи, предупредительные плакаты и др.

При работах на отключенном оборудовании во избежание электропоражения при ошибочной подаче на него напряжения или появлении наведенного напряжения применяются временные переносные заземления и закоротки.

Предупредительные плакаты служат для предупреждения персонала об опасности, напоминания о принятых мерах безопасности, запрещения подачи напряжения и т. п.

Вспомогательные защитные средства служат для защиты персонала от сопутствующих опасностей и вредностей при работе на электроустановках. К ним относятся: приспособления, предохраняющие от падения с высоты (предохранительные пояса, страхующие канаты и др.); приспособления для безопасного подъема на высоту (стремянки, лестницы, монтерские когти и т. п.); устройства, защищающие работающих от световых, тепловых, электромагнитных, механических и химических воздействий (защитные очки, респираторы, противогазы, рукавицы и др.).

Для защиты от поражения электрическим током при эксплуатации различного технологического оборудования, использующего электрическую энергию, применяется ряд технических методов (способов), основными из которых являются: применение малых напряжений для электропитания технических установок, оборудования и ручного инструмента; электрическое разделение сетей; защитное заземление; зануление; устройства защитного отклонения (УЗО) и др.

Применение малых напряжений в пределах наибольших допустимых значений для электропитания приборов, электрифицированного ручного инструмента и установок является наиболее эффективным способом обеспечения электробезопасности. По этой причине в тех случаях, где это возможно, необходимо использовать более низкие напряжения, не превышающие $U_{\text{прпд}}$.

С этой целью для электропитания переносных установок и ручного инструмента (электрические дрели, гайковерты, электрические паяльники и др.) допускаются следующие *максимальные* значения напряжения в зависимости от места работы (вид помещения по опасности поражения электрическим током, наружные условия и др.):

◆ 220 В (50 Гц) при использовании установок в помещениях без признаков повышенной и особой опасности поражения электрическим током;

- ◆ 42 В (50 Гц) в помещениях с наличием признаков повышенной опасности поражения электрическим током и при работах в наружных условиях, В таких условиях работы допускается использовать инструмент (переносные установки) до 220 В, но с обязательным применением основных и дополнительных изолирующих средств;

- ◆ 42 В (50 Гц) в помещениях с наличием признаков особой опасности с обязательным применением основных и дополнительных изолирующих средств.

- ◆ Для электропитания переносных светильников допускаются следующие максимальные значения напряжений:

- ◆ 42 В (50 Гц) в помещениях с наличием признаков повышенной и особой опасности;

- ◆ 12 В (50 Гц) — при работах в особо опасных и неблагоприятных условиях.

К признакам повышенной опасности поражения электрическим током в производственных помещениях относятся: наличие в помещении токопроводящих полов (земляные, металлические, железобетонные, кирпичные и др.); поддержание в помещении длительное время (более 2 ч) температуры воздуха, равной или более +25°С, и относительной влажности, равной или более 75 %; наличие в воздухе токопроводящей пыли; наличие возможности одновременного прикосновения к корпусам и другим частям оборудования, на которых может оказаться напряжение, с одной стороны, и к каким-либо заземленным конструкциям здания, другого оборудования — с другой.

К признакам особой опасности помещений относятся: наличие в помещении двух или более признаков повышенной опасности; наличие в воздухе помещения химически агрессивной среды; поддержание в помещении высокой относительной влажности, близкой к 100 %.

В качестве источников малого (низкого) напряжения применяются гальванические элементы, выпрямители, преобразователи частоты (для уменьшения массы ручного инструмента на частоте 200 или 400 Гц), понижающие трансформаторы и др. Использование с этой целью автотрансформаторов не допускается, так как в этом случае сохраняется гальваническая связь автотрансформатора с электрической сетью, а значит, и опасность электропоражения при замыкании («пробое») напряжения электропитания на корпуса или другие части таких устройств.

Электрическое разделение сетей заключается в использовании разделительных трансформаторов, с помощью которых сети большой протяженности или имеющие большое количество ответвлений разде-

ляются на отдельные небольшие сети того же напряжения (рис. 4.2). Электрическое разделение сетей позволяет обеспечить сопротивление фазных проводов по отношению к земле достаточно большим (≥ 500 кОм в сетях до 1000 В) и тем самым обеспечить их безопасность при однофазном прикосновении.

Для разделения сетей могут применяться также преобразователи частоты и выпрямительные установки.

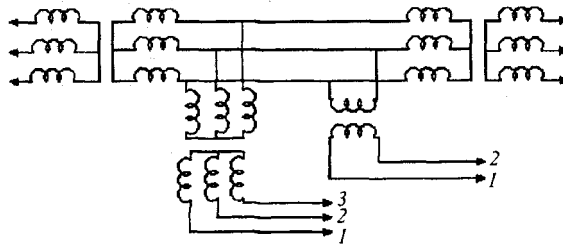


Рис. 4.2. Электрическое разделение сетей

Защитное заземление представляет собой преднамеренное электрическое соединение металлических частей оборудования (например, корпусов), которые могут оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции токоведущих частей оборудования (и по другим причинам), с землей с помощью заземляющего устройства (рис. 4.3).

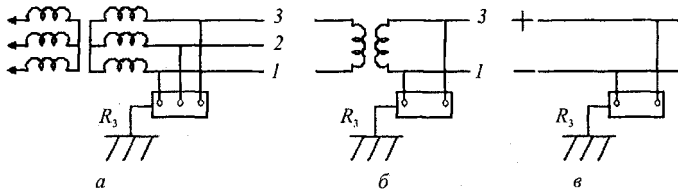


Рис. 4.3. Электрическая схема заземления при электропитании установки от трехфазной сети (а) и двухпроводных сетей переменного (б) и постоянного (в) тока: R_3 — сопротивление заземляющего устройства (заземления)

Принцип действия защитного заземления заключается в уменьшении опасности электропоражения за счет снижения напряжения на заземленном корпусе (или других частях) при замыкании на него (или другие части оборудования) питающего напряжения до значения $U_K = I_3 \cdot R_3$ (где I_3 — ток, протекающий через заземлитель; R_3 — сопротивление защитного заземления) и выравнивания потенциалов между корпусом установки и землей за счет подъема потенциала земли (осно-

вания, на котором стоит человек), возникшего в результате растекания в нем тока.

Таким образом, напряжение, действующее на человека в данном случае (напряжение прикосновения), будет равно разности потенциалов на корпусе установки (потенциал рук, φ_p) и на основании (потенциал ног, φ_n):

$$U_{np} = \varphi_p - \varphi_n = \varphi_p \left(1 - \frac{\varphi_n}{\varphi_p}\right).$$

Так как потенциал рук равен напряжению на корпусе, т. е. $\varphi_p = U_k = I_3 \cdot R_3$, то напряжение прикосновения при заземленном корпусе станет равно:

$$U_{np} = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha_1,$$

где α_1 — коэффициент напряжения прикосновения, равный $1 - \frac{\varphi_n}{\varphi_p}$. Он зависит от разности потенциалов на корпусе установки и основании (земле).

В связи с тем, что потенциал на поверхности грунта уменьшается в зависимости от расстояния до заземлителя (места стекания тока в землю) по гиперболическому закону (рис. 3.4), то по мере удаления от места заземления разность потенциалов между корпусом и основанием будет увеличиваться и в зоне электротехнической земли (расстояние составляет около 15–20 м), где потенциал на основании (поверхности грунта) приблизительно равен нулю, она станет равной напряжению на корпусе. В этом случае коэффициент напряжения прикосновения $\alpha = 1$, а напряжение прикосновения равно

$$U_{np} = U_k \cdot \alpha_1 = I_3 \cdot R_3.$$

Зона, в пределах которой потенциалы на поверхности грунта не равны нулю, называется *зоной растекания тока* (рис. 4.4).

Для того чтобы обеспечить достаточно безопасное значение напряжения прикосновения, т. е. не более 42 В, при длительности воздействия $t \geq 1$ с, необходимо, как следует из выражения $U_{np} = I_3 \cdot R_3$, уменьшать значение сопротивления заземляющего устройства R_3 (R_{3y}). Так как ток, протекающий через заземлитель I_3 , не может быть более 10 А в сетях напряжением до 1000 В, то R_3 должно быть не более 4 Ом. Допускается 10 Ом при суммарной мощности источников напряжения сети до 100 кВ·А.

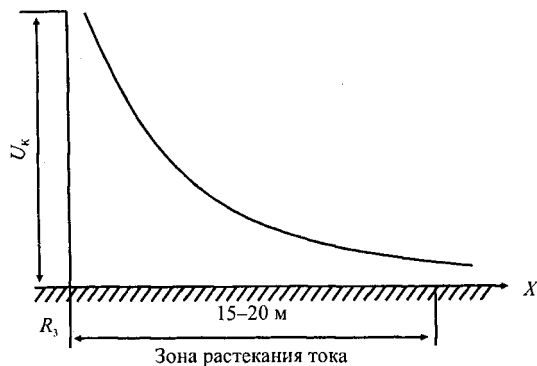


Рис. 4.4. Гиперболический закон распределения потенциала на основании земли в зависимости от расстояния X до заземлителя

Чтобы получить заземление, обеспечивающее безопасность, т. е. напряжение прикосновения не более 42 В, применяют сложные групповые заземлители.

Если расстояние между отдельными электродами (одиночными заземлителями) меньше 20 м, то их поля растекания накладываются, т. е. они экранируют друг друга (рис. 4.5), что выражается величиной коэффициента экранирования η .

Общее сопротивление группового заземлителя определяется как сопротивление всех параллельно соединенных одиночных заземлителей с учетом коэффициента экранирования по формуле

$$R_{з.у} = \frac{R_{од.з}}{n \cdot \eta},$$

где $R_{од.з}$ — сопротивление одиночного заземлителя; n — количество одиночных заземлителей.

Заземляющие устройства (заземления) бывают двух типов — выносные и контурные (распределенные) или выполненные в ряд.

Выносные заземления устраиваются при отсутствии возможности разместить заземлитель в пределах защищаемой площадки, высоком сопротивлении грунта на этой территории и наличии сравнительно на небольшом удалении мест с повышенной проводимостью, а также при рассредоточенном размещении заземляемого оборудования.

При выносном заземлителе коэффициент напряжения прикосновения α_1 близок или равен единице, т. е. заземление защищает в данном случае только за счет малого сопротивления заземления, поэтому этот

тип заземлителя чаще всего применяется при малых токах замыкания на землю $I_з$.

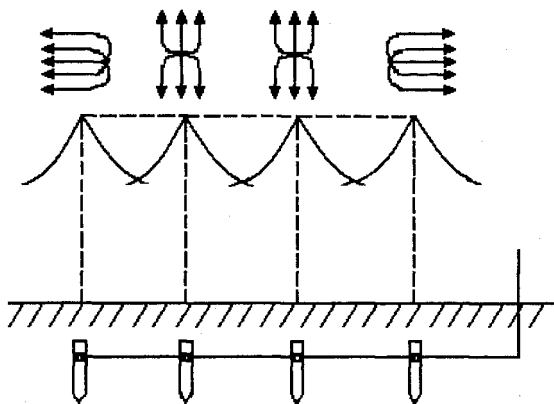


Рис. 4.5. Экранирование одиночных заземлителей группового заземляющего устройства

К достоинству выносных заземлений можно отнести возможность выбора места размещения электродов с наименьшим сопротивлением грунта.

Контурное (распределенное) заземляющее устройство применяется в случаях, если необходимо выровнять потенциал на защищаемой площадке с возможными потенциалами заземленных частей оборудования и тем самым уменьшить напряжение прикосновения (и напряжение шага) до безопасных значений.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны использоваться естественные заземлители — водопроводные и другие трубопроводы, проложенные в земле (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей), металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, свинцовые оболочки кабелей, проложенные в земле, нулевые (нейтральные) провода воздушных линий напряжением до 1000 В, рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и др.

Защитное заземление применяется в сетях, изолированных от земли (трехфазные трехпроводные сети с изолированной от земли нейтралью, двухпроводные сети переменного и постоянного тока с изолированными от земли проводами или полюсами).

Заземлению подлежат корпуса и другие части электрооборудования, на которых может оказаться напряжение, во всех случаях при величине номинального напряжения электропитания 380 В переменного тока и 440 В постоянного тока и выше; при номинальных напряжениях, равных и выше 42 В (50 Гц) и 110 В, в помещениях с признаками повышенной и особой опасности и в наружных условиях; во взрывоопасных помещениях при любых значениях постоянного и переменного напряжения.

Конструктивно заземляющее устройство состоит из вертикальных электродов, которые соединяются между собой горизонтальным электродом (полосой).

В качестве вертикальных электродов обычно используют стальные стержни диаметром 10–16 мм и длиной до 10 м, угловую сталь размерами от 40×40 до 60×60 мм и, как исключение, стальные трубы диаметром 50–60 мм с толщиной стенок не менее 3,5 мм длиной 2,5–3,0 м. Для электрического соединения вертикальных электродов применяют полосовую сталь шириной 20–40 мм и толщиной 4 мм, а также сталь круглого сечения диаметром 10–12 мм.

Для установки вертикальных заземлителей предварительно роют траншею глубиной 0,7–0,8 м, после чего их заглубляют специальными механизмами (копры, гидропрессы, вибраторы и др.). Расстояние между соседними вертикальными электродами (если позволяют размеры, отведенные под заземление площадки) определяют не менее 2,5 м. Для заземлителей, расположенных в ряд, отношение этого расстояния к длине электрода предпочтительно выбирать равным 2–3, а при расположении электродов по контуру — равным 3.

Расчет защитного заземления в установках до 1000 В выполняется по допустимому сопротивлению заземляющего устройства растеканию тока (4 или 10 Ом). При расчете определяют количество, размеры и схему размещения электродов в земле.

Если на территории проектируемого заземляющего устройства имеются естественные заземлители, которые можно использовать, то общее сопротивление заземляющего устройства $R_{з.у}$ будет складываться из сопротивления естественных $R_{ест}$ и искусственных $R_{иск}$ заземлителей:

$$R_{з.у} = \frac{R_{ест} \cdot R_{иск}}{R_{ест} + R_{иск}} < R_{з.у.доп},$$

где $R_{з.у.доп}$ — требуемое (допустимое) значение сопротивления заземляющего устройства.

Зануление представляет собой преднамеренное электрическое соединение к неоднократно заземленному защитному проводнику сети нетокопроводящих частей оборудования (например, металлического корпуса), которые могут оказаться под напряжением в результате замыкания электропитания на эти части или корпус (рис. 4.6).

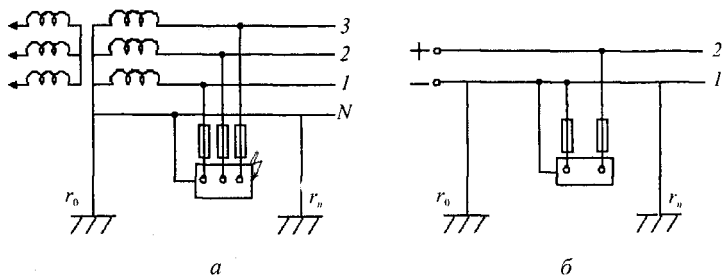


Рис. 4.6. Электрическая схема зануления: а — в трехфазной трехпроводной сети с заземленной нейтралью; б — в двухпроводной сети постоянного тока с заземленным полюсом

При наличии зануления опасность электропоражения при прикосновении к зануленным частям (корпусу) оборудования и при замыкании на них питающего напряжения сети устраняется отключением оборудования от сети в результате срабатывания отключающего устройства (например, перегорания плавкой вставки предохранителя), вызванного большим током короткого замыкания.

Так, при замыкании фазы 3 (рис. 4.6а) на зануленный корпус установки образуется цепь короткого замыкания третьей фазы, а возникший большой ток в этой цепи приведет к перегоранию плавкой вставки и отключит поврежденную установку от сети.

Так как плавкие предохранители и автоматические выключатели с тепловой защитой срабатывают в течение нескольких секунд, то для снижения напряжения, действующего на человека в течение этого времени, обязательно применение повторного заземления защитного проводника $r_{повт}$. При этом напряжение прикосновения уменьшится до значения

$$U_{пр} = I_{r_{повт}} \cdot r_{повт} \cdot \alpha_1,$$

где $I_{r_{повт}}$ — ток, протекающий через повторное заземление; α_1 — коэффициент напряжения прикосновения.

Для надежной работы зануления необходимо обеспечить следующие требования.

1. Ток короткого замыкания $I_{к.з}$ должен в несколько раз превышать номинальный ток I_n срабатывания защиты, т. е.

$$I_{к.з} \geq k \cdot I_n,$$

где k — коэффициент кратности.

Для плавких предохранителей он выбирается равным 3 (во взрывоопасных помещениях — 4). При использовании автоматических выключателей $k \geq 1,25$ (для автоматов с номинальным током до 100 А $k \geq 1,4$).

2. Полная проводимость защитного проводника должна составлять не менее 50 % проводимости фазных проводов.

3. Чтобы обеспечить непрерывность цепи зануления, запрещается установка в зануляемый проводник предохранителей и выключателей.

4. Для уменьшения опасности поражения персонала током, возникающей при обрыве защитного проводника, обязательно применение его повторного заземления.

Сопротивление току растекания повторных заземлений не должно превышать 5, 10 или 20 Ом при напряжениях в сети соответственно 660/380, 380/220 и 220/127 В.

5. Зануление однофазных потребителей должно осуществляться специальным проводником (или жилой кабеля), который не может одновременно служить проводником для рабочего тока. Его сопротивление, как и заземляющего проводника при защитном заземлении, не должно превышать 0,1 Ом.

Зануление применяется только в сетях с заземленной нейтралью (или заземленным полюсом и проводом в двухпроводных сетях), так как в противном случае при аварийном режиме работы сети, когда одна из фаз сети замыкает на землю через незначительное сопротивление $r_{зм}$, человек, касающийся корпуса зануленной установки, окажется под фазным (в трехфазных сетях), а при пробое питающего напряжения (одной фазы) на корпус (до срабатывания защиты) — под линейным напряжением (рис. 4.7).

При заземленной же нейтрали в аварийном состоянии сети и нормальном режиме установки напряжение, действующее на человека $U_{пр}$ без учета повторного заземления, будет равно:

$$U_{пр} = I_{r_n} \cdot r_0 = \frac{U_{\phi}}{r_{зм} + r_0} \cdot r_0,$$

что значительно ниже U_{ϕ} .

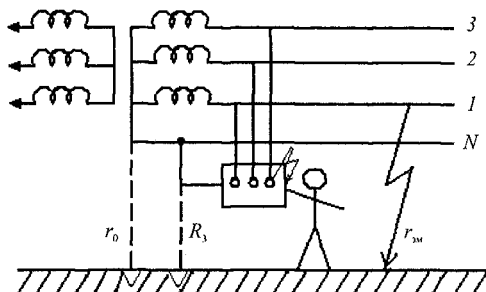


Рис. 4.7. Схема зануления в трехфазной сети с изолированной нейтралью

Применение защитного заземления в сетях с заземленной нейтралью (заземленным полюсом или проводом в двухпроводных сетях) малоэффективно, так как при замыкании питающего напряжения (одной фазы в трехфазных сетях) на корпус напряжение на нем по отношению к земле достигнет значения, превышающего или равного половине фазного (в трехфазных сетях при $R_3 = r_0$):

$$U = I_3 \cdot R_3 = \frac{U_\phi}{R_3 + r_0} \cdot R_3.$$

В этом случае ток замыкания на землю I_3 через защитное заземление R_3 будет недостаточен для срабатывания защиты (рис. 4.7).

Для определения условия надежной работы зануления производится расчет его на отключающую способность и на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (в этом случае производится расчет заземления нейтрали) и замыкания на корпус (в этом случае производится расчет повторного заземления нулевого провода — защитного проводника).

Расчет заземлений осуществляется по методике, аналогичной расчету защитного заземления.

Расчет на отключающую способность заключается в проверке правильного выбора проводимости защитного проводника (нейтрали) и всей петли «фаза — ноль», т. е. соблюдения условия надежности срабатывания защиты:

$$I_{кз} \geq k \cdot I_n.$$

Значение $I_{кз}$ зависит от U_ϕ и сопротивления цепи «фаза — ноль» и определяется следующим выражением:

$$I_{к.з} = \frac{U_{\phi}}{Z_{тр}/3 + \dot{Z}_{\phi} + \dot{Z}_{н} + j \cdot X_{н}},$$

где $\dot{Z}_{тр}$ — полное сопротивление трансформатора; \dot{Z}_{ϕ} — полное сопротивление фазного проводника; $\dot{Z}_{н}$ — полное сопротивление нулевого защитного проводника (нейтрали); $X_{н}$ — внешнее индуктивное сопротивление петли (контура) «фаза – ноль».

Комплексное значение полного сопротивления петли «фаза – ноль» $\dot{Z}_{н}$ равно:

$$\dot{Z}_{н} = \dot{Z}_{\phi} + \dot{Z}_{н} + j \cdot X_{н}.$$

Модульное значение этого сопротивления определяется по формуле

$$|Z_{н}| = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н})^2 + (X_{\phi} + X_{н} + X_{н})^2},$$

где R и X — соответственно активные и индуктивные значения сопротивлений фазного и нулевого проводников.

Теперь ток короткого замыкания можно рассчитать по формуле

$$I_{к.з} = \frac{U_{\phi}}{Z_{тр}/3 + \sqrt{(R_{\phi} + R_{н})^2 + (X_{\phi} + X_{н} + X_{н})^2}}.$$

Сопротивление трансформатора $Z_{тр}$ зависит от его мощности, напряжения в сети и схемы соединения обмоток, а также конструктивного исполнения (выбирается из технических характеристик трансформатора).

Сопротивление R_{ϕ} и $R_{н}$ определяется по сечению S , длине l и материалу проводников. Для цветных металлов по формуле $R = \rho \frac{l}{S}$, а для стальных проводников — по справочнику (где ρ — удельное сопротивление металла). Значения X_{ϕ} и $X_{н}$ для медных и алюминиевых проводников сравнительно малы (около 0,0156 Ом/км) и ими можно пренебречь.

Для стальных проводников X_{ϕ} и $X_{н}$ можно определить по справочникам.

Значение $X_{н}$ можно рассчитать по известной в электротехнике формуле

$$X_{н} = \omega L = \omega \frac{\mu \cdot \mu_0}{\pi} l \cdot \ln \frac{2D}{d},$$

где ω — угловая частота ($2\pi f$), рад/с; L — индуктивность линии, Г; μ — относительная магнитная проницаемость среды; μ_0 — магнитная постоянная ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м); l — длина линии, м; D — расстояние между проводами линии, м; d — диаметр проводника, м.

Для воздушной линии длиной 1 км ($\mu = 1$) при частоте $f = 50$ Гц ($\omega = 314$ рад/с):

$$X_n = 314 \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{\pi} \cdot 10^3 \ln \frac{2D}{d} = 0,1256 \ln \frac{2D}{d}.$$

Из этого выражения следует, что X_n в основном зависит от D (расстояния между проводами сети), поэтому защитные проводники прокладываются совместно или в непосредственной близости от фазных проводников.

При малых значениях D , соизмеримых с d , сопротивлением X_n можно пренебречь, так как оно в этом случае не превышает 0,1 Ом/км.

Защитное отключение представляет собой устройство, автоматически отключающее установку или участок электрической сети при возникновении опасности поражения человека электрическим током.

Такая опасность может возникнуть при замыкании электропитания установки на ее корпус, снижении сопротивления изоляции проводов электрической сети относительно земли ниже допустимого значения, появления в сети более высокого напряжения, прикосновении человека к токоведущим частям при выполнении работ под напряжением и т. п. При этом имеет место изменение некоторых электрических параметров сети или электроустановки. Например, могут измениться напряжение корпуса установки относительно земли, ток замыкания с корпуса на землю, напряжение фаз относительно земли и т. п.

Эти изменения параметров используются в устройствах защитного отключения (УЗО) как входные сигналы, вызывающие срабатывание этих устройств и автоматическое отключение установки или опасного участка электрической сети от питающего напряжения. Эти сигналы называются *уставкой*.

В зависимости от того, что является уставкой, применяются следующие схемы УЗО:

- ◆ на напряжении корпуса относительно земли;
- ◆ на токе замыкания на землю;
- ◆ на токе нулевой последовательности;
- ◆ на напряжении нулевой последовательности и др.

Схема УЗО на напряжении корпуса относительно земли показана на рис. 4.8.

Данное УЗО предназначено для устранения опасности электропоражения при возникновении на заземленном корпусе повышенного напряжения и представляет собой дополнительную меру к защитному заземлению.

Уставкой здесь является напряжение срабатывания реле напряжения (РН):

$$U_{уст} = I_p \cdot Z'_p,$$

где I_p — ток, протекающий по обмотке реле; Z_p — полное сопротивление обмотки реле.

Ток реле может определяться предельно допустимым напряжением на корпусе относительно земли в зависимости от быстродействия реле, т. е.:

$$I_p = \frac{U_{нр.ПД}}{Z_p + R_{всп}},$$

где $R_{всп}$ — сопротивление вспомогательного заземления.
Тогда

$$U_{уст} = \frac{U_{нр.ПД}}{Z_p + R_{всп}} \cdot Z_p.$$

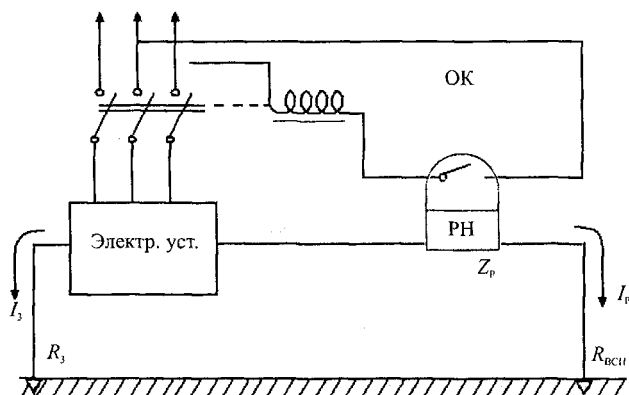


Рис. 4.8. Упрощенная электрическая схема УЗО на напряжении корпуса относительно земли: I_z — ток, протекающий через защитное заземление; R_z — сопротивление защитного заземления; $R_{всп}$ — сопротивление вспомогательного заземления; РН — реле напряжения; Z — полное сопротивление РН; ОК — отключающая катушка автоматического выключателя

Если напряжение на корпусе относительно земли окажется равным или более $U_{уст}$, заранее установленного в зависимости от $U_{пр.пд}$, то реле напряжения сработает и включит в сеть электромагнитный расцепитель (контактор) и тем самым отключит установку от сети.

Эта схема УЗО пригодна для применения в сетях с изолированной нейтралью как дополнительная мера защиты к защитному заземлению.

Схема УЗО на токе замыкания на землю приведена на рис. 4.9.

Уставкой в этой схеме УЗО является величина тока, при которой срабатывает реле тока (РТ) и отключает установку от сети.

Значение уставки определяется величиной допустимого напряжения между корпусом установки и землей, т. е.:

$$I_{уст} = \frac{U_{пр.пд}}{Z_p + R_3},$$

где R_3 — сопротивление защитного заземления, в разрыв электрической цепи которого включается РТ.

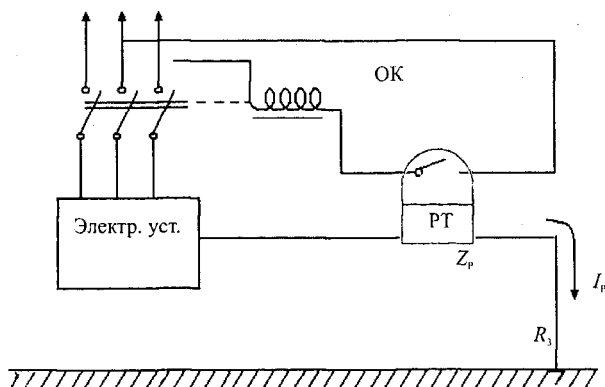


Рис. 4.9. Упрощенная электрическая схема УЗО на токе замыкания на землю: РТ — реле тока; Z_p — полное сопротивление реле тока; R_3 — сопротивление защитного заземления; ОК — отключающая катушка автоматического реле

УЗО на токе замыкания на землю применяется как в сетях с изолированной нейтралью, так и в сетях с заземленной нейтралью. Во втором случае реле тока включается в цепь зануления.

В обоих случаях УЗО является дополнительной мерой защиты к защитному заземлению и занулению.

На рис. 4.10 представлена схема УЗО на токе нулевой последовательности.

Датчиком в схеме УЗО этого типа служит трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП). Наибольшее распространение получила конструкция ТТНП с магнитопроводом тороидальной формы. Первичными обмотками трансформатора служат фазные проводники (1, 2, 3), пропущенные через окно магнитопровода, вторичная обмотка равномерно расположена на магнитопроводе и нагружена на входное сопротивление преобразователя и усилителя.

УЗО на токе нулевой последовательности используется в сетях с разным режимом нейтрали относительно земли для защиты персонала как в случае прикосновения к корпусу электроустановки, оказавшемуся под напряжением, так и при прикосновении непосредственно к фазе сети.

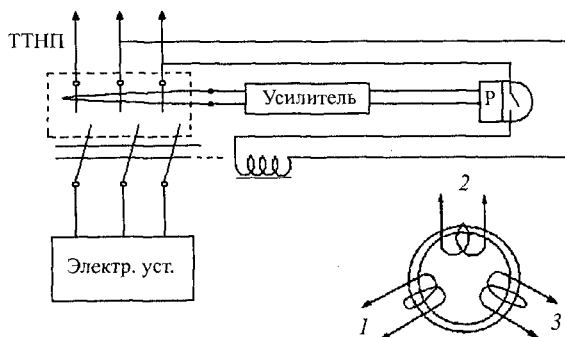


Рис. 4. 10. Принципиальная схема УЗО на токе нулевой последовательности: ТТНП — трансформатор тока нулевой последовательности; Р — выходное реле

Ток уставки этого типа УЗО может регулироваться с помощью усилителя от 10мА до 1,0А.

Устройства защитного отключения применяются главным образом в передвижных установках и для ручного электрифицированного инструмента, а также в случаях, если условия эксплуатации оборудования не позволяют обеспечить безопасность с помощью защитного заземления, зануления и других способов защиты.

4.3. Защита от статического электричества

4.3.1. Условия возникновения и накопления электростатических зарядов

Статическая электризация веществ имеет сложную природу. Существует несколько механизмов образования статического электричества:

контактная электризация, электрохимический механизм, асимметричное заряджение в результате индукции в сильном электростатическом поле и др. Образование электростатических зарядов при контактной электризации происходит при разделении контактирующих поверхностей (разрыве контакта). Величина образовавшегося заряда определяется зарядами двойного слоя, электрическим сопротивлением материала и скоростью отрыва поверхностей (интенсивностью технологического процесса). В обычных же условиях при контакте двух материалов на их поверхностях в результате действия внутриатомных электрических сил образуется двойной электрический слой. На поверхностях одного материала в месте контакта преобладают отрицательные заряды, на поверхности другого — положительные. При сохранении контакта суммарный заряд контактирующих материалов будет равен нулю. Образовавшиеся заряды при контактной электризации могут оставаться на поверхностях после их разделения только в том случае, если время разрушения контакта окажется меньше времени релаксации (рассеивания) зарядов (рис. 4.11). Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделительных поверхностях, т. е. чем выше скорость отрыва (чем интенсивнее ведется процесс), тем больший заряд остается на поверхностях. Толщина двойного электрического слоя, т. е. пространственного разделения электрических зарядов на границах соприкосновения двух фаз (поверхностей), соответствует диаметру иона, равного 10^{-10} м. При контактной электризации положительные заряды возникают на поверхности материала, имеющего большее значение диэлектрической постоянной.

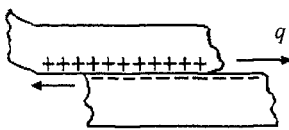


Рис. 4.11. Образование электростатических зарядов в результате контактной электризации

Возникновение электрического заряда на поверхности материала сопровождается появлением электрического поля, каждая точка которого характеризуется потенциалом. Величина заряда прямо пропорциональна электрической емкости заряженных материалов и потенциалу поля, т. е.

$$q = C \cdot \Phi,$$

где q — заряд на поверхности материала, К; C — электрическая емкость заряженных потенциалов, Ф; Φ — потенциал.

По мере разделения поверхностей увеличивается разность потенциалов $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ между двумя равномерно заряженными поверхностями, что может привести к разряду, если напряженность поля превысит электрическую прочность воздуха, равную 30 кВ/см для однородного электрического поля.

Если при контактной электризации соприкасающиеся поверхности электропроводны, то возникающие заряды практически мгновенно релаксируют (рассеиваются), и электрические заряды на этих поверхностях не накапливаются.

Наиболее сильно электризуются материалы, имеющие удельное электрическое сопротивление 10^8 Ом·см и более (диэлектрики). Материалы, имеющие удельное сопротивление не более 10^5 Ом·см, являются электропроводниками статического электричества, в силу чего на них заряды не накапливаются.

Заряды статического электричества в производственных условиях могут накапливаться на теле работающих и их одежде при выполнении ручных операций при промывке, чистке, протирке, проклеивании с применением этилового эфира, бензина, ацетона, непроводящих резиновых клеев, изготовлении упаковочной тары (пакетов, мешков) из синтетических пленок, на аппаратах, трубопроводах, воздуховодах при движении по ним порошков, пылегазовоздушных смесей, сжатых и сжиженных газов, а также при работе ременных передач и резиновых транспортеров, окрасочных работах с применением пульверизаторов и др.

Увеличение электростатического заряда и разности потенциалов на разделенных поверхностях может привести к электрическому пробоем разделяющей среды. Возникновение искрового разряда и высоких потенциалов представляет собою наиболее опасное проявление статического электричества.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает пробивной величины.

При достижении энергией искрового разряда величины энергии воспламенения пылегазовоздушных и других взрыво- и пожароопасных смесей возникает опасность взрыва и пожара. Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении следующего условия безопасности:

$$W_p \leq k \cdot W_{\text{мин}}$$

где W_p — максимальная энергия зарядов, которые могут возникать внутри объекта или на его поверхности, Дж; k — коэффициент безопас-

ности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания ($k < 1,0$); $W_{\text{мин}}$ — минимальная энергия зажигания веществ и материалов, Дж.

Энергия искрового заряда с заряженной проводящей поверхности определяется по формуле

$$W_p = 0,5C \cdot \varphi^2, \text{ Дж},$$

где C — электрическая емкость проводящего объекта относительно земли, Φ ; φ — потенциал заряженной поверхности относительно земли, В.

Заряды статического электричества и высокие потенциалы часто ведут к отказам отдельных элементов аппаратуры (полупроводниковых приборов, микросхем), являются причиной ухудшения условий труда, вызывая у работающих при разрядах неприятные болезненные ощущения.

Степень опасности статического электричества определяется электростатическими свойствами веществ и материалов, используемых на производстве, наличием в рабочей зоне взрывоопасных концентраций воздушных смесей газов, паров и пыли, а также чувствительностью изделий к электростатическим разрядам.

4.3.2. Нормирование и оценка опасности статического электричества

Нормируемым параметром статического электричества, характеризующим условия труда персонала, является напряженность электростатического поля E , кВ/м, допустимые уровни которой устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочем месте.

Предельно допустимый (или наибольший) уровень напряженности устанавливается равным 60 кВ/м в течение одного часа, т. е.:

$$E_{\text{ид}} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \text{ кВ/м}.$$

При напряженности поля, равной или меньше 20 кВ/м, время пребывания в таком поле не регламентируется.

В диапазоне напряженностей от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты $t_{\text{ид}}$ в часах определяется по формуле

$$t_{\text{ид}} = \left(\frac{E_{\text{факт}}}{E_{\text{ид}}} \right)^2, \text{ ч},$$

где $E_{\text{факт}}$ — фактическое (измеренное) значение напряженности в рабочей зоне (на рабочем месте).

4.3.3. Способы и средства защиты от статического электричества

К общим способам по снижению возможности образования и накопления зарядов статического электричества на рабочих поверхностях, изделиях, одежде и теле работающих относятся:

- ◆ заземление электропроводных (в том числе и неметаллических) элементов оборудования и инструментов;
- ◆ общее и местное увлажнение воздуха и его ионизация;
- ◆ увеличение поверхностной и объемной проводимости обрабатываемых материалов;
- ◆ подбор контактирующих материалов, при которых уровень электризации минимален;
- ◆ ограничение скорости переработки и транспортировки электризующихся материалов (уменьшение скорости перемешивания и переливания жидкостей, возможности вскубливания, разбрызгивания и т. п.).

На производстве заземлению подлежат все металлические части оборудования, инструмента, корпуса измерительной аппаратуры, конструктивные элементы рабочего места и др.

Неметаллическое оборудование может считаться электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока в земле с любых точек его внешней и внутренней поверхностей не превышает 10^7 Ом (при относительной влажности воздуха не выше 60 %). Например, покрытие пола считается электропроводным для статического электричества, если электрическое сопротивление между металлической пластиной площадью 50 см^2 , уложенной на пол и прижатой с силой в $25 \text{ кг}\cdot\text{см}$, и заземлением не превышает 10^7 Ом (бетон, керамическая плитка, ксилолит, антистатический линолеум и др.).

Заземление работающих обеспечивается с помощью антистатических заземляющих браслетов, антистатической одежды и обуви.

Заземляющий браслет соединяется с заземлением (или с заземленной нейтралью трехфазной сети) через резистор сопротивлением не менее 1 мОм (мегом) (для обеспечения электробезопасности) гибким многожильным проводом (сечением не менее 1 мм^2). Общее сопротивление цепи «тело человека — земля» не должно превышать 10^7 Ом.

Для снижения поверхностного сопротивления покрытий рабочих поверхностей производственных участков, где позволяет технология, повышают относительную влажность до 65–75 %, что достигается свободным испарением воды с больших площадей, ее распылением или выпуском пара из форсунок.

Для уменьшения плотности зарядов наэлектризованного материала применяются индукционные, высоковольтные и радиационные нейтрализаторы.

Для увеличения поверхностной и объемной электропроводимости жидких и твердых материалов при их производстве вводятся различные присадки (добавки). Так, электропроводность жидкостей можно значительно увеличить, вводя в них хромовые соли синтетических жирных кислот. Для достижения желаемого эффекта их количество в процентном отношении может не превышать 0,001–0,003 %.

Лучшим наполнителем для твердых диэлектриков является ацетиленовая кислота, снижающая удельное сопротивление на несколько порядков. С этой целью могут применяться также алюминиевая, медная и цинковая пыль.

Снижение поверхностного сопротивления полимерных материалов достигается с помощью гигроскопических и поверхностно-активных веществ типа многоатомных спиртов (гликоль, глицерин) и низкомолекулярных полигликолевых эфиров.

Недостатком поверхностного нанесения антистатических веществ является недолговечность их действия, так как они неустойчивы к механическим воздействиям. Наиболее эффективным является внутреннее введение этих веществ в полимеры.

Снижение возможности образования опасной искры с поверхности наэлектризованного материала достигается в некоторых случаях увеличением электрической емкости заряженного материала по отношению к земле путем установки заземленной металлической пластины либо сетки непосредственно под заряженной поверхностью.

Для снижения напряженности электростатического поля в рабочей зоне применяют стационарные или переносные экраны из металлической сетки с ячейкой 4–8 см².

Для устранения взрывоопасных концентраций мелкодисперсной пыли необходимо устройство эффективной вентиляции непосредственно с места контакта электризующихся материалов. При этом в системе вытяжной вентиляции должны устанавливаться индукционные нейтрализаторы.

Для снижения возможности образования статического электричества при транспортировке жидкостей по трубопроводам рекомендуются скорости, не превышающие значений, указанных в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Рекомендуемые максимальные скорости течения жидкостей по трубопроводам в зависимости от диаметра трубопровода

Внутренний диаметр трубопровода, мм	10	25	50	100	200	400	600
Скорость течения, м/с	8	4,9	3,5	2,5	1,8	1,3	1,0

Уменьшить образование электростатических зарядов при заливании жидкостей в резервуар можно также, снижая скорость заливания, не превышающую 1 м/с.

При переливании жидкостей из одной емкости в другую необходимо следить за тем, чтобы жидкость не разбрызгивалась. С этой целью следует использовать трубки или воронки, нижний конец которой должен опускаться на дно сосуда или направлять жидкость вдоль его стенки.

Перемешивать жидкости рекомендуется как можно медленнее. При этом миксер выбирают из электростатически проводящих материалов.

В тех местах и при выполнении тех технологических операций, где трудно предусмотреть меры, исключающие опасное искрообразование в результате электризации, для обеспечения безопасных условий горючие среды должны быть заменены негорючими, проведены операции в атмосфере инертных газов и др.

4.4. Защита от опасных и вредных факторов при работе с компьютерами

Развитие и совершенствование компьютерной техники, ее неограниченные возможности позволили ей за несколько последних десятилетий занять прочное место как в трудовой, так и в других сферах жизнедеятельности людей.

Количество пользователей компьютерами растет изо дня в день. В связи с этим важно иметь представление об опасностях и вредностях, с которыми сопряжена деятельность пользователей современных электронно-вычислительных машин, особенно персональных (ПЭВМ).

Негативное влияние на здоровье пользователей прежде всего выражается в повышенном зрительном напряжении, психологической перегрузке, длительном неизменном положении тела в процессе работы, а также в воздействии некоторых физических факторов (электромагнитные излучения, статическое электричество, ультрафиолетовое и рентгеновское излучения) (рис. 4.12).

Все эти факторы могут явиться причиной заболевания органов зрения, сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, кожных заболеваний, а также опухолей мозга и др. В наибольшей сте-

пени подвержены этим опасностям детский организм и беременные женщины. Симптомокомплекс психофизиологических реакций организма пользователей при длительной работе с ПЭВМ принято называть *компьютерной болезнью*, или синдромом стресса оператора дисплея. Согласно данным американских исследователей, примерно половина пользователей ПЭВМ жалуются на проявления этой болезни.

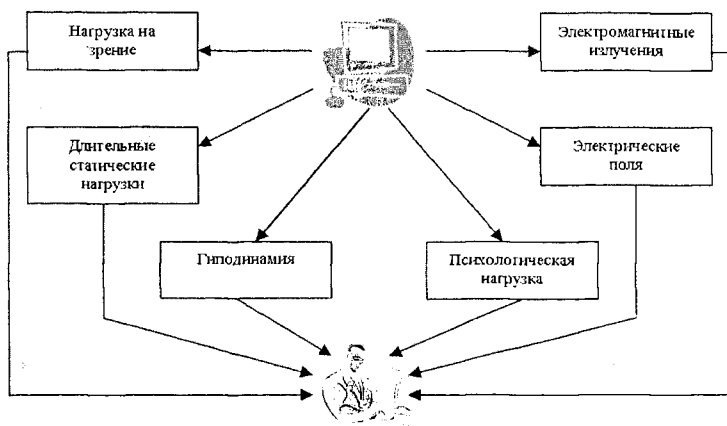


Рис. 4.12. Опасные и вредные факторы, воздействующие на пользователей ПЭВМ

Важнейшее значение в возникновении зрительного перенапряжения имеет качество более 20 визуальных параметров изображения на дисплее, поэтому выполнение требований, установленных действующими стандартами, к ним имеет первостепенное значение в профилактике ухудшения зрения пользователей ПЭВМ.

Визуальные эргономические параметры видеодисплеев (ВДТ) и пределы их изменений, в которых установлены оптимальные и допустимые диапазоны значений, приведены в табл. 4.6.

Допустимые уровни напряженности E и плотности потока энергии (ППЭ) ЭМП, излучаемых клавиатурой, системным блоком, манипулятором «мышь», беспроводными системами передачи информации на расстоянии в зависимости от рабочей частоты изделия, не должны превышать значений, приведенных в табл. 4.8.

Таблица 4.6. Визуальные эргономические параметры ВДТ и пределы их изменений

Наименование параметра	Пределы значений параметров	
	не менее	не более
Яркость знака (яркость фона), кг/м^2 (измеренная в темноте)	35	120
Внешняя освещенность экрана, лк	100	250
Угловой размер экрана, угл. мин (α) $\alpha = \arctg(h/2 \cdot l)$, где h — высота знака; l — расстояние от знака до глаза наблюдателя	16	60

При работе ВДТ уровни напряженности, плотности потока энергии электромагнитных полей (ЭМП), напряженности электростатического поля не должны превышать допустимых значений, приведенных в табл. 4.7.

Таблица 4.7. Допустимые значения параметров электромагнитных излучений

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность ЭМП (электрическая составляющая E):	
диапазон частот 5 Гц–2 кГц;	25,0 В/м
диапазон частот 2–400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока:	
диапазон частот 5 Гц–2 кГц;	250 нТл
диапазон частот 2–400 кГц	25,0 нТл
Напряженность электростатического поля	15,0 кВ/м

Таблица 4.8. Допустимые уровни E и ППЭ электромагнитных полей дополнительных систем и изделий

Диапазон частот	0,3–300 кГц	0,3–3,0 МГц	3,0–30,0 МГц	30,0–300 МГц	0,3–300 ГГц
Допустимые уровни	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см ²

Допустимые уровни напряженности электрического поля тока промышленной частоты (50 Гц), создаваемые монитором, системным блоком, клавиатурой, изделием в целом, не должны превышать 0,5 кВ/м.

Допустимые уровни напряженности электростатического поля, создаваемые монитором, клавиатурой, системным блоком, манипулятором «мышь», изделием в целом, не должны превышать 15,0 кВ/м.

Интенсивность ультрафиолетового излучения от экрана видеомонитора не должна превышать в диапазоне 0,28–0,315 мкм $0,1 \cdot 10^{-3}$ Вт/м²; в

диапазоне 0,15–0,4 мкм — 0,1 Вт/м². Излучение в диапазоне 0,2–0,28 мкм не допускается.

Уровень мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения не должен превышать на расстоянии 0,5 м от экрана и частей корпуса ВДТ не должен превышать $7,74 \cdot 10^{-12}$ А/кг, что соответствует мощности эквивалентной дозы, равной 100 мкР/ч (0,03 мкР/с).

Компьютеры с жидкокристаллическим экраном не имеют источников мощного электромагнитного излучения и не содержат статического электричества. Однако при использовании блока питания возникает некоторое превышение уровня на частоте 50 Гц, поэтому рекомендуется больше работать с использованием аккумулятора.

Эффективным средством защиты от излучений ПЭВМ с электронно-лучевой трубкой является применение дополнительного металлического внутреннего корпуса, замыкающегося на встроенный закрытый экран. Такая конструкция позволяет уменьшить электрическое и электростатическое поля на расстоянии 7–8 см от корпуса до фоновых значений.

Во всех случаях для снижения уровня облучения монитор рекомендуется располагать на расстоянии не ближе 50 см от пользователя.

Установлено оптимальное наблюдение за экраном видеотерминала, не превышающее 2 ч за смену и допустимое — до 3ч. Наблюдение свыше 3 ч принято считать напряженностью первой степени, а свыше 4 ч — напряженностью второй степени. Зрительная нагрузка больше этого времени не допускается.

Уровень глаз при вертикальном расположенном экране ВДТ должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия зрения должна быть перпендикулярна центру экрана (рис. 4.13а). При работе на клавиатуре необходимо соблюдать правильное положение рук оператора (рис. 4.13б).

Согласно требованиям нормативных документов помещения с ВДТ и ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение.

Естественное освещение должно осуществляться через световые проемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток, и обеспечивать коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5 %. Рекомендуемое расположение рабочих мест с компьютерами показано на рис. 4.14.

Искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами в помещениях эксплуатации ВДТ и ПЭВМ допускается применение системы комбинированного освещения. Освещенность на по-

верхности стола в зоне размещения документов должна быть 300–500 лк. Местное освещение при этом не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк. В компьютерных классах всех типов учебных заведений освещенность на поверхности стола в зоне размещения документов должна быть 400 лк (при люминесцентном освещении), а на экране ВДТ – 200 лк. Для освещения помещений с ВДТ и ПЭВМ следует применять светильники серии ЛПО36 с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

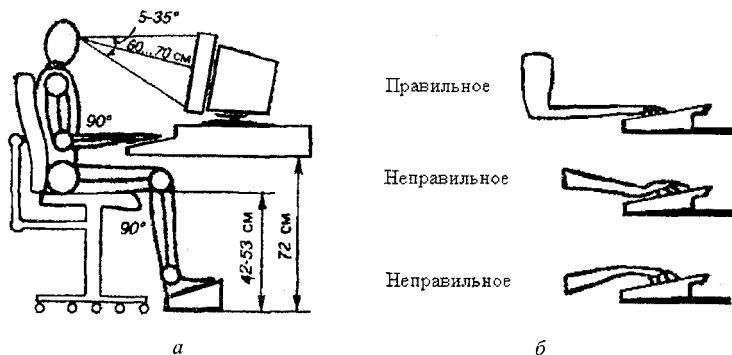


Рис. 4.13. Правильная позиция оператора (а) и правильное положение рук оператора при работе на клавиатуре (б)

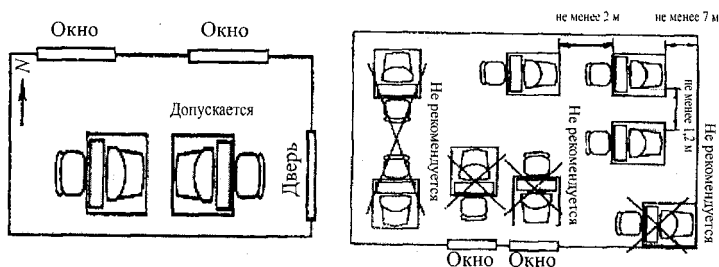


Рис. 4.14. Рекомендуемое расположение рабочих мест с компьютерами

Расположение рабочих мест для пользователей ВДТ и ПЭВМ в подвальных помещениях не допускается.

Площадь на одно рабочее место с ВДТ и ПЭВМ должна составлять не менее $6,0 \text{ м}^2$, а объем — не менее $20,0 \text{ м}^3$ (в учебных заведениях не менее 18 м^3).

Помещения с ПЭВМ оборудуются системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Поверхность пола должна быть ровной, нескользкой, удобной для влажной уборки и обладать антистатическими свойствами.

В производственных помещениях, в которых работа на ВДТ и ПЭВМ является основной, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата (температура воздуха $+22...+24^\circ\text{C}$, относительная влажность 40–60 %, скорость движения воздуха — $0,1 \text{ м/с}$).

На возникновение и развитие компьютерной болезни большое влияние оказывает режим труда и отдыха, поэтому длительность работы преподавателей вузов в дисплейных классах не должна превышать 4 ч в день, а максимальное время занятий для первокурсников — 2 ч в день, студентов старших курсов — 3 академических часа при соблюдении регламентированных перерывов и профилактических мероприятий (упражнений для глаз, физкультминуток и физкультпауз).

4.5. Меры безопасности при устройстве и обслуживании установок и сооружений связи и радиофикации

Основные причины несчастных случаев на предприятиях связи.

Анализ несчастных случаев на предприятиях, в строительных и транспортных организациях связи показывает, что основными причинами их, как и в других отраслях хозяйственной деятельности, являются грубое нарушение правил техники безопасности, пренебрежение требованиями безопасности, нарушение трудовой и технологической дисциплины, неудовлетворительное техническое состояние станционного и линейного хозяйства связи. Наибольшее количество несчастных случаев происходит в результате дорожно-транспортных происшествий, при производстве работ на воздушно-кабельных линиях связи, при нарушении норм совместной подвески и пересечений воздушных линий с электросетями, а также неудовлетворительной организации работ на высоте, при вырубке просек, рытье траншей и т. п.

4.5.1. Общие требования безопасности на станционных сооружениях связи

Все виды профилактических работ и текущий ремонт в линейно-аппаратных цехах (ЛАЦ), усилительных пунктах (УП), в цехах полуавтоматической и автоматической связи и других необходимо производить при полном снятии напряжения.

Перед вводными и вводно-испытательными стойками кабельных и воздушных линий связи, стойками дистанционного питания напряжением более 250 В, стойками автоматических регуляторов напряжения, токораспределительными стойками и стойками другой аппаратуры должны располагаться диэлектрические резиновые коврики шириной не менее 0,75 м и длиной, соответствующей длине стойки.

На ключах и кнопках, с помощью которых снято напряжение дистанционного питания, должны быть вывешены плакаты «Не включать — работают люди!», которые могут быть сняты и включено напряжение только лицом, вывесившим плакат (или плакаты), или по поручению другим лицом после получения сообщения об окончании работ.

Все работы по испытанию и измерению аппаратуры в усилительных пунктах должны проводиться по распоряжению лица, ответственного за их проведение, имеющего квалификационную группу по технике безопасности не ниже IV. Перед испытанием аппаратуры между всеми испытательными пунктами должна быть обеспечена служебная телефонная связь.

При электрических измерениях междугородного кабеля после выключения напряжения дистанционного питания измеряемые жилы должны быть разряжены на землю с помощью разрядников как со стороны необслуживаемых усилительных пунктов (НУП), так и со стороны обслуживаемых усилительных пунктов (ОУП). Эта работа должна проводиться в диэлектрических перчатках и защитных очках.

Отсутствие электрического заряда на жилах кабеля следует проверять индикатором напряжения или вольтметром, включаемым поочередно между линейным гнездом бокса и землей.

Электрические измерения и определение места повреждения кабельных линий связи, подверженных опасному влиянию линий электропередачи или электрифицированных железных дорог переменного тока, следует производить в диэлектрических перчатках, стоя на диэлектрическом коврике, подставке в диэлектрических галошах. Во время грозы проводить электрические измерения кабельных и других линий связи запрещается.

Напряжение дистанционного питания следует включать в линию только после того, как во всех НУП, на которых проводятся испыта-

ния, будут получены подтверждения о готовности к проведению испытаний.

Монтажные, ремонтные, наладочные работы и испытание аппаратуры высокочастотного уплотнения городских и сельских телефонных станций в распределительных устройствах, распределенных щитах и сборках, на кабельных линиях и вводах проводятся на основании личного, телефонного или письменного распоряжения главного инженера узла или назначенного им ответственного лица. Отданное распоряжение должно быть оформлено парядом. В письменном распоряжении, которое отдается ответственным лицом с квалификационной группой по технике безопасности не ниже IV, должны быть указаны производитель работ, допускающий к работе, состав бригады, категория работ (с полным снятием напряжения, с частичным или без снятия напряжения), а также организационные и технические мероприятия, вытекающие из конкретных условий работы, обеспечивающие безопасность работ.

Аварийные работы на неотключенном оборудовании должны производиться не менее чем двумя лицами с применением основных и дополнительных изолирующих средств. Соседние, находящиеся под напряжением токоведущие части должны быть ограждены.

Замена предохранителей в целях сетевого напряжения, на плате питания группового оборудования и аппаратуры высокочастотного уплотнения должна производиться в диэлектрических перчатках или с помощью специальных клещей для снятия предохранителей.

4.5.2. Работы по оборудованию и обслуживанию источников питания

Постоянно действующие электрические и электронные преобразователи тока мощностью более 1 кВт размещают в отдельном помещении (генераторной). Резервные (не вращающиеся постоянно или ежедневно) преобразователи при условии установки их на амортизаторах, а также выпрямленные устройства допускается размещать в аппаратных залах.

В помещении систем электропитания с установками до 1000 В оголенные и изолированные токоведущие части должны быть расположены таким образом, чтобы производство работ не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

Вентиляция помещений (выпрямительных или генераторных) расчитывается на асимметрию теплоизбытков. Количество приточного воздуха следует принимать с коэффициентом 1,1 к количеству вытяжного воздуха.

Вентиляционные каналы запрещается выводить в дымоходы или общую вентиляционную систему здания. Вытяжной канал должен быть отдельным и возвышаться над крышей на 1,5 м.

В щелочных аккумуляторных помещениях вентиляция должна обеспечивать концентрацию водорода в воздухе не более 0,7 % по объему, но не менее двукратного обмена воздуха в час.

В кислотных помещениях вентиляция должна обеспечивать предельно допустимую концентрацию тумана серной кислоты 1 мг/м³ на уровне 1,5 м от пола. Вытяжные вентиляционные установки должны быть во взрывобезопасном исполнении. Указанные помещения должны быть оборудованы как рабочим, так и аварийным освещением.

Около электрических машин, батарейных щитов, выпрямительных устройств и токораспределительных щитов должны быть расположены резиновые диэлектрические коврики шириной 0,75 м, длиной, соответствующей длине электроустановки.

Вращающиеся части оборудования (шкивы, муфты, вентиляторы, ременные передачи и др.) должны быть ограждены.

После установки электродвигателя, включения выпрямителя или другого электрооборудования для профилактики или текущего ремонта с питающего кабеля на щите (сборках или шинах) должно быть снято напряжение, а на приводе выключателя вывешен плакат «Не включать – работают люди!»

Доступ в помещение выпрямительной (генераторной) разрешается только лицам, которым поручено ее обслуживание с квалификационной группой по технике безопасности не ниже III. При работах в этих помещениях запрещается пользоваться металлическими лестницами.

Стационарные аккумуляторные батареи должны устанавливаться в специально предназначенном для них помещении со входом через тамбур. На дверях помещения аккумуляторной должны быть надписи: «Аккумуляторная», «С огнем не входить», «Курение запрещается».

Размещать кислотные и щелочные аккумуляторные батареи в одном помещении запрещается.

Поголок и стены, оконные рамы и двери, металлические конструкции, стеллажи и другие части помещения, где установлены кислотные аккумуляторные батареи, должны быть окрашены кислотоупорной краской. Вентиляционные коробки должны быть окрашены как с наружной, так и с внутренней сторон. При применении щелочных аккумуляторов окраска должна производиться щелочеупорной краской.

Аккумуляторные помещения должны оборудоваться рабочим и аварийным освещением с применением светильников во взрывозащищенном исполнении. Для осветительной проводки должен применяться провод с кислотоупорной или щелочеупорной оболочкой.

Выключатели, штепсельные розетки и предохранители должны быть установлены вне аккумуляторного помещения.

Для осмотра аккумуляторов используется переносная герметичная лампа напряжением не выше 42 В с предохранительной сеткой или аккумуляторный фонарь. Шнур лампы должен быть заключен в резиновый шланг.

При работе в аккумуляторной необходимо пользоваться спецодеждой и спецобувью (резиновые перчатки, полусапоги, прорезиненный фартук, хлопчатобумажный костюм с кислотостойкой или щелочестойкой пропиткой, защитные очки).

Вблизи аккумуляторных помещений должны находиться умывальник, мыло, вата в упаковке, полотенце и закрытый сосуд с 5–10 %-м нейтрализующим раствором питьевой воды (для нейтрализации кислоты) или 5–10 %-й раствор борной кислоты или уксусной эссенции (для нейтрализации щелочи).

Для промывания глаз следует применять более слабые (2–3 %) соответствующие нейтрализующие растворы. При составлении кислотного электролита следует кислоту понемногу вливать в воду, постоянно перемешивая раствор стеклянной палочкой.

Лить воду в кислоту запрещается.

При составлении щелочного электролита в сосуд с водой следует опускать твердое едкое кали (калия гидроксид) или едкий натр (натрия гидроксид) или вливать готовый раствор щелочи небольшими порциями, постоянно перемешивая раствор железной или стеклянной палочкой.

Электролит, пролитый на пол, сначала следует собрать с помощью опилок, затем это место на полу смочить нейтрализующим раствором и протереть сухой тряпкой.

Бутили с серной кислотой переносят вдвоем на специальных носилках. На руках или на спине переносить бутылки запрещается.

Пайка аккумуляторных пластин в аккумуляторном помещении может производиться не раньше чем через 1,5 ч после окончания заряда. До начала и во время пайки должна работать вентиляция.

При работах в аккумуляторной, когда происходит заряд или формовка батарей, необходимо пользоваться респираторами.

По окончании работ следует тщательно вымыть с мылом лицо и руки.

4.6. Требования безопасности на центральных и базовых станциях радиотелефонной связи

4.6.1. Требования к производственным помещениям с постоянным присутствием обслуживающего персонала

Производственные помещения центральных и базовых станций (ЦС и БС) радиотелефонной связи должны соответствовать требованиям ведомственных норм технологического проектирования.

Около оборудования с выдвигаемыми блоками и открывающимися дверцами, у силовых щитов должны быть проложены диэлектрические коврики шириной не менее 0,75 м и длиной, равной длине оборудования.

В производственных помещениях должно быть оборудовано место для хранения защитных средств, предохранительных приспособлений и первичных средств пожаротушения.

В помещениях на видных местах должны быть расположены аптечки первой (доврачебной) помощи. В аптечку должны быть вложены перечень медикаментов и принадлежностей, находящихся в аптечке, и краткая инструкция по их применению.

В производственных помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должна быть проложена автономная электросеть с номинальным напряжением не выше 42 В, предназначенная для подключения электроинструмента и ручных электрических светильников.

Розетки с напряжением до 42 В по своему конструктивному исполнению в части штепсельного соединения должны исключать возможность включения предназначенных для них вилок в розетки напряжением 220 В.

Помещения ЦС и БС должны быть оборудованы системами отопления, вентиляции и кондиционирования.

Для борьбы с избыточной инсоляцией, т. е. облучением прямыми солнечными лучами помещений, следует применять солнцезащитные устройства: жалюзи, солнцезащитные козырьки.

В помещениях должны быть вывешены таблички с указанием ответственного за пожарную безопасность.

Помещения аппаратных ЦС и БС должны быть оборудованы пожарной сигнализацией.

Пожаротушение должно осуществляться автоматическими аэрозольными и ручными углекислотными огнетушителями.

4.6.2. Требования к производственному оборудованию и его размещению

Оборудование в аппаратных ЦС и БС радиотелефонной связи должно быть размещено с максимально возможными удобствами его обслуживания (осмотр, профилактика, мелкий ремонт).

При производстве работ по монтажу нового и реконструкции действующего технологического оборудования на объектах радиотелефонной связи необходимо соблюдать требования Отраслевых строительного-технологических норм на монтаж сооружений и устройств связи, радиовещания и телевидения.

Для защиты персонала от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, на ЦС и БС радиотелефонной связи должно устанавливаться защитное заземление или зануление.

Защитное заземление (зануление) следует выполнять преднамеренным электрическим соединением металлических частей электроустановок с землей или нулевым защитным проводником сети.

Для заземления электроустановок разного назначения и разного напряжения, территориально приближенных одна к другой, следует применять одно общее заземляющее устройство. Для объединения заземляющих устройств различных электроустановок в одно общее заземляющее устройство используются все имеющиеся в наличии естественные, особенно протяженные, заземляющие проводники.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного определенного назначения и напряжения, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т. д.

В качестве основной или дополнительной меры защиты, если безопасность не может быть обеспечена с помощью заземления или зануления либо если устройство заземления или зануления вызывает трудности по условиям выполнения или по экономическим соображениям, рекомендуется применять защитное отключение. Защитное отключение должно осуществляться с помощью устройств (аппаратов), удовлетворяющих в отношении надежности действия специальным техническим условиям.

Нейтраль обмоток трансформаторов силовой трансформаторной подстанции и собственной электростанции, питающей объекты радиотелефонной связи, следует присоединить к защитному или рабоче-защитному устройству. При этом заземляющее устройство для объекта радиотелефонной связи и для трансформаторной подстанции может быть общим, если трансформаторная подстанция расположена на территории данного объекта.

Сопrotивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали обмоток генераторов и трансформаторов при удельном сопротивлении грунта до 100 Ом·м, не должно быть более, Ом:

- 2 — установок напряжением 660/380 В;
- 4 — установок напряжением 380/220 В;
- 8 — установок напряжением 220/127 В.

Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей (проложенные под землей металлические трубы, металлические конструкции, арматура зданий и др., за исключением трубопроводов горючих и взрывоопасных вне здания предприятия).

При удельном сопротивлении грунта γ более 100 Ом·м допускается повысить значение сопротивления заземляющего устройства в $\gamma/100$ раз, но не более чем в 10 раз.

Присоединение заземляющих и нулевых защитных проводников к заземлителям, заземляющему контуру и заземляющим конструкциям выполняется с помощью сварки, а к корпусам оборудования — сварки или надежного болтового соединения.

Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению или занулению, присоединяется к сети заземления или зануления с помощью отдельного проводника. Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых или зануляемых частей электроустановки запрещается.

Заземляющие и нулевые защитные проводники должны иметь покрытие, предохраняющее их от коррозии.

На рабочих местах в зоне обслуживания высокочастотных установок необходимо не реже одного раза в год производить измерения интенсивности электромагнитного излучения. Измерения выполняются при максимально используемой мощности излучения и включении всех одновременно работающих источников высокой частоты.

Измерения интенсивности излучения должны также производиться при вводе в действие новых, при реконструкции действующих СВЧ-установок, после ремонтных работ, которые могут оказать влияние на интенсивность излучения.

4.6.3. Эксплуатационно-техническое обслуживание объектов радиотелефонной связи

Работы по техническому обслуживанию объектов радиотелефонной связи осуществляются, как правило, силами службы эксплуатации сети, оснащаемой для этого необходимыми материалами, инструментом, контрольно-измерительной аппаратурой, запасными частями, техническим транспортом и прочим.

Если обслуживание конкретного объекта радиотелефонной связи силами службы эксплуатации сети нецелесообразно (например, вследствие значительной удаленности объекта), возможно обслуживание в рамках договора, заключаемого с местными физическими и юридическими лицами.

Все работы по техническому обслуживанию объектов радиотелефонной связи, выполняемые силами службы эксплуатации сети, производятся выездными бригадами в составе не менее двух человек, один из которых (старший по бригаде) является производителем работ.

Производитель работ должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, а остальные члены бригады — не ниже III.

При проведении работ на щитах питания со снятием напряжения должны быть отключены коммуникационные аппараты, на щитах, с которых запитывается данный распределительный щит. Об отключении должен быть поставлен в известность дежурный персонал организации-арендодателя или муниципальная служба энергосбережения. На щит должен быть вывешен предупреждающий плакат «Не включать — работают люди!».

Производитель работ обязан убедиться в отсутствии напряжения. Отсутствие напряжения до 1000 В проверяется указателем напряжения заводского изготовления. Непосредственно перед проверкой должна быть установлена исправность применяемого прибора на токоведущих частях, расположенных поблизости и заведомо находящихся под напряжением.

При выполнении всех видов эксплуатационно-технических и ремонтных работ с оборудованием обслуживающий персонал должен находиться на диэлектрических ковриках, а при работе с силовыми щитами, источниками питания и блоками питания при снятых кожухах — пользоваться электрозащитными средствами (инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки).

Все перестыковки СВЧ трактов, подключение антенн к радиостойкам, юстировочные работы с антеннами проводятся при выключенном оборудовании.

4.6.4. Антенно-мачтовые сооружения и антенно-фидерные устройства (АМС и АФУ)

Установка и монтаж АМС и АФУ осуществляется по документации, прилагаемой к оборудованию, поставленному фирмой.

К работам по сооружению и обслуживанию АМС и АФУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и допущенные к работам на высоте.

Все работы, связанные с подъемом на АМС, должны вестись по нарядам бригадами в составе не менее двух человек, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV, второй — не ниже III.

Право выдачи наряда и проведения инструктажа перед началом работ на АМС предоставляется лицам, определенным в приказе по организации.

Все работы с АФУ в пределах зон с превышением норм напряженности ЭМП должны производиться при выключенных передатчиках, при этом должны быть вывешены предупреждающие плакаты.

Опасной зоной вокруг мачт и башен (далее — опоры) при их эксплуатации считается зона, граница которой находится от центра основания опоры на $1/3$ ее высоты.

При работах в опасной зоне разрешается находиться только лицам, непосредственно связанным с этими работами, при обязательном использовании защитных касок. Защитные каски применяются также при любых работах на опорах.

В целях защиты обслуживающего персонала, находящегося в опасной зоне, при возможном падении льда и снега с АМС, кроме того, осуществляются:

а) обозначение опасной зоны с установкой предупреждающих знаков;
б) составление инструкций и проведение инструктажа о гололедной опасности;

в) защита проходов, находящихся в опасной зоне, навесами или сооружениями постоянной или съемной конструкции.

Запрещается находиться на открытых площадках опор во время грозы и при ее приближении, а также при силе ветра более 12 м/с, гололеде, дожде и снегопаде.

Во время грозы или при ее приближении запрещается находиться около заземлений. На местах установки заземлителей должны быть предупреждающие знаки.

При подъеме на опоры по лестнице необходимо выполнять следующие требования:

а) подниматься по лестницам без предохранительных ограждений можно лишь в аварийных случаях и каждый раз по письменному распоряжению технического руководителя организации, эксплуатирующей объекты радиотелефонной связи, или под непосредственным наблюдением одного из них;

б) при подъеме одного человека по стволу мачты люки секций закрываются по мере подъема;

в) подниматься по вертикальной лестнице разрешается только в обуви с нескользящей подошвой, в рукавицах; одежда поднимающегося должна быть плотно подогнана;

г) если по вертикальной лестнице поднимается группа людей, то подъем очередного работника разрешается лишь при закрытом люке вышерасположенной площадки;

д) если на решетчатую башню поднимается несколько человек, то по каждому пролету лестницы должен поочередно подниматься только один человек;

е) запрещается подъем по стволу круглой мачты на лифте или по аварийной лестнице, если мачта внутри не освещена (за исключением случаев устранения аварии внутреннего освещения мачт).

Антенщик должен:

- ◆ иметь на себе исправный предохранительный-монтерский пояс и во время работы на опоре прикрепляться цепью к ее конструкциям. При подъеме на опору на когтях для безопасного перехода через бугель, к которому крепятся оттяжки, следует пользоваться поясом с двумя цепями;

- ◆ работать в защитных касках и специальной обуви, имеющей подошву без металлических гвоздей. Исключение могут составлять работы в мастерских, а на поверхности земли — вне опасных зон.

Работая на антенно-фидерных сооружениях, необходимо пользоваться брезентовыми рукавицами.

Верхолазные работы на АМС должны выполняться не менее чем двумя антенщиками, один из которых является наблюдающим.

Во время подъема и спуска антенщика на опоре его рабочий инструмент и мелкие детали должны находиться в сумке с замком, не допускающим самопроизвольного ее открывания. При подъеме по лестнице сумка крепится ремнями к антенщику, при подъеме на люльке — крепится к последней. Класть на конструкции опоры инструменты, гайки и другие предметы запрещается.

Работы по обслуживанию АФУ, смонтированных на крышах технических зданий или на других сооружениях подобного рода, должны осуществляться с использованием специальных устройств, предназначенных для работ на высоте.

При обслуживании АМС, расположенных на крышах технических зданий, перед выходом на крышу необходимо проверить индикатором отсутствие постороннего напряжения на кровле здания, металлической лестнице и т. п.

Работы на плоских огражденных крышах допускаются с применением предохранительного монтерского пояса и в обуви с нескользящей подошвой.

Если необходимо подойти к краю плоской крыши, то обязательно применение страховочного каната.

При работах на опорах при необходимости антенщик должен быть снабжен средствами связи: приемно-передающей радиостанцией, мегафоном или телефоном.

4.6.5. Работы на высоте

Для работы на высоте используются специальные устройства: подмости, стремянки, переносные лестницы и др. Те или иные устройства применяются в зависимости от условий и характера выполняемых работ. Устройство временных настилов на случайных опорах (ящиках, кирпичах и др.) запрещается.

Деревянные подмости должны изготавливаться из сухой древесины хвойных или лиственных пород, без косослоя, трещин и сучков. Применяемые доски должны быть толщиной не менее 50 мм.

Настил подмостей должен иметь ровную поверхность шириной не менее 1 м, щели между досками настила не должны превышать 5 мм. Прогиб настила при максимальной расчетной нагрузке составляет не более 20 мм. Расстояние от края настила до монтируемых конструкций не превышает 50 мм.

Подмости должны иметь поручни, закраины (бортовая доска) и один промежуточный горизонтальный элемент. Высота поручней — 1 м, закраин — не менее 0,15 м. Расстояние между стойками поручней — не более 2 м.

Бортовые доски следует устанавливать на настил, а поручни крепят к стойкам с внутренней стороны. Деревянные поручни не должны иметь заусенцев.

При обслуживании, а также при ремонте электрооборудования и радиооборудования запрещается применение металлических лестниц и стремянок. Переносные лестницы и стремянки должны изготавливаться из выдержанных сухих пиломатериалов хвойных пород без сучков. Все детали лестниц и стремянок должны иметь гладкую обструганную поверхность.

Ступени лестниц и стремянок должны быть врезаны в тетивы. Расстояние между ступенями не должно быть менее 0,25 м и более 0,4 м.

Тетивы лестниц и стремянок скрепляются болтами диаметром не менее 8 мм через каждые 2 м, а также под верхней и нижней ступенями.

Окрашку деревянных лестниц рекомендуется производить прозрачными лаками, которые не могут скрыть повреждения древесины.

Длина приставной лестницы обеспечивает возможность производства работ, если работник стоит на ступеньке, находящейся на расстоянии не менее 1 м от верхнего конца лестницы. Длина лестницы не должна превышать 5 м.

В случае недостаточной длины лестницы запрещается использовать опорные сооружения из ящиков и бочек и т. п. Приставные лестницы следует устанавливать под углом 70–75° к плоскости основания. Уста-

навливать их под углом более 75° без дополнительного крепления верхней части лестницы запрещается.

Нижние концы переносных лестниц, устанавливаемых на земле, должны иметь оковки с острыми наконечниками, а при пользовании ими на гладких и шероховатых полах (паркетный, плиточный, бетонный и др.) — башмаки из резины или другого нескользящего материала. При необходимости верхние концы лестниц должны иметь специальные крюки. При работе с приставной лестницей на высоте более 1,3 м следует применять предохранительный монтерский пояс, прикрепленный к конструкциям сооружения или к лестнице при условии крепления ее к конструкции.

Стремянки с площадками должны быть пирамидальной формы, устойчивыми и легко передвигаемыми.

Стремянка с колесами должна быть оборудована запорным устройством, предотвращающим движение колес во время работы на ней.

Площадки стремянок высотой 1,0 м и более должны иметь ограждение (упор, перила).

Раздвижные лестницы — стремянки имеют запорное устройство, исключающее возможность самопроизвольного раздвижения во время работы на них.

Работать с двух верхних ступеней лестниц, стремянок, не имеющих перил или упоров, находиться на ступеньках более чем одному человеку запрещается.

Переходить на высоте с приставной лестницы или стремянки на другую лестницу или стремянку запрещается.

Запрещается работать на лестницах:

- ♦ с использованием механизированного инструмента (например, при пробивке отверстий пневматическим или электрическим молотком), при натяжении проводов и для поддержания на высоте тяжелых деталей и т. п.;
- ♦ с переносным электрическим инструментом.

Для выполнения таких работ следует применять специальные леса или стремянки с перилами.

Прежде чем приступать к работе на лестнице, необходимо обеспечить ее устойчивость, а затем путем осмотра и апробирования убедиться в том, что она не может соскользнуть или быть случайно сдвинута.

При осмотре деревянных лестниц и стремянок следует обращать внимание на состояние древесины, соответствие ее техническим требованиям.

Продольные трещины в ступеньках и тетиве допускаются длиной не более 100 мм и глубиной не более 5 мм. При этом местонахождение и направление трещин не должно грозить ослаблением тетивы и ступенек. Никаких заделок или надломов шпаклевкой, склеиванием или каким-нибудь другим способом не допускается.

Металлические детали лестниц и стремянок не должны иметь трещин, заусенцев и острых краев.

Нижняя опорная часть тетивы и упоры, которыми она заканчивается, тщательно осматриваются. Упоры должны быть плотно закреплены на тетиве и не иметь люфта. При истирании (износе) резиновых деталей последние необходимо заменить, а затупившиеся шипы заточить.

4.7. Требования безопасности при работах на воздушных линиях связи и проводного вещания (радиофикации)

Руководители работ (начальники структурных подразделений и специалисты), назначенные письменным распоряжением администрации организации, обязаны лично присутствовать, руководить и обеспечивать выполнение требований охраны труда на участках работ с повышенной опасностью, к которым относятся:

1. Устройство, переоборудование и ремонт пересечений линий связи (ЛС) и радиофикации (РФ) с контактными проводами трамваев и троллейбусов, электрифицированными железными дорогами, а также с фидерными линиями РФ I класса.

2. Устройство, переоборудование и ремонт пересечений ЛС (РФ) с полотном железных дорог и автомагистралей.

3. Подвеска и регулировка проводов линий РФ на опорах электросети.

4. Работа в местах сближений воздушных ЛС (РФ) с воздушными линиями электропередачи (ВЛ) любого напряжения.

5. Работа в зоне влияния на линиях, подверженных влиянию линий электропередачи.

6. Подвеска и демонтаж проводов на воздушных ЛС (РФ), подверженных влиянию электрифицированных железных дорог.

7. Установка и замена опор, подвеска и демонтаж проводов, демонтаж линий в населенных пунктах.

8. Работа у стоек, установленных на крутых и неогражденных крышах, при отсутствии люка, трапа и тросового подхода вблизи стойки, на крышах домов высотой более 10 м, а также на крышах, покрытых льдом или тонким слоем снега.

9. Работа на строительных машинах вблизи линий электропередачи.

10. Устройство мачтовых переходов, замена оконечных, угловых, кабельных и других сложных опор.

11. Вырубка просек и заготовка, валка и переноска леса, погрузка и разгрузка столбов с железнодорожных платформ и автомобилей.

12. Погрузка и разгрузка железобетонных опор и приставок.

13. Рытье ям для установки опор вблизи места прохождения силовых кабелей, трубопроводов и других подземных коммуникаций.

Запрещается выполнять работы на воздушных ЛС и РФ при ветре 15–18 м/с (ветер ломает тонкие ветки и сухие сучья деревьев) и более, снежных буранах, а также при температуре воздуха ниже предельных норм, устанавливаемых местными органами власти.

Как исключение, при температуре ниже установленной нормы допускаются:

- ♦ работы по ликвидации аварий; при этом работы выполняются по письменному распоряжению не менее чем двумя работниками;

- ♦ работы с перерывами для обогрева. В этом случае руководитель работ в непосредственной близости от места проведения работ предоставляет работающим средства для обогрева (костры, теплушки, палатки и т. п.). Перерывы для обогрева засчитываются в рабочее время.

При необходимости вместо перерывов организуются посменные работы.

Запрещается производство работ на воздушных ЛС (РФ) во время грозы и при ее приближении.

При производстве работ вдали от населенных пунктов руководство организации обеспечивает рабочих санитарно-бытовыми помещениями и оборудованием, аптечкой с медикаментами и питьевой водой согласно санитарным нормам.

Для предупреждения работающих о возможной опасности, указания персоналу места, подготовленного к работе, и напоминания о принятых мерах безопасности, а также для запрещения оперирования коммутационным оборудованием, в результате чего может быть подано напряжение на место, отведенное для работы, применяются предупредительные плакаты.

4.7.1. Строительство и эксплуатация столбовых воздушных линий связи (ЛС) и радиодиффузии (РФ)

Земляные работы. При реконструкции или ремонте столбовых линейных сооружений выполняются земляные работы только по утвержденным чертежам. На чертежах должны быть указаны все подзем-

ные сооружения, расположенные вдоль трассы ЛС (РФ), или пересекающие ее в пределах рабочей зоны.

Производство земляных работ допускается только при наличии письменного ордера (разрешения) от соответствующих органов власти, а на дорогах вне населенных пунктов — при наличии разрешения на раскопки соответствующих дорожно-эксплуатационных организаций.

При производстве земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций ордер на раскопки выдается только при наличии письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций.

К ордеру прилагается план (схема) с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций.

До начала работ необходимо вызвать представителя организации, ответственной за эксплуатацию коммуникаций, провести шурфовку и установить знаки, указывающие на места расположения этих подземных коммуникаций.

При производстве земляных работ на проезжей части дороги организация, производящая эти работы, составляет и согласовывает с местными органами ГАИ схему ограждения места работы и расстановки дорожных знаков с указанием видов работ и сроков их выполнения. В случае аварии работы можно выполнять без согласования и утверждения схем, но с извещением органов ГАИ о месте и времени производства работ.

При рытье ям в городах и населенных пунктах, в местах движения транспорта и пешеходов вокруг места работ устанавливаются ограждения с предупредительными надписями (плакатами, знаками).

Производство земляных работ в зоне действующих подземных коммуникаций осуществляется под непосредственным наблюдением руководителя работ, а в охранной зоне кабелей, находящихся под напряжением, или действующего газопровода, кроме того, под наблюдением работников электро- или газового хозяйства.

Если во время рытья ямы будет обнаружен трубопровод или кабель в месте, не указанном в плане (схеме), то работа немедленно прекращается до прибытия представителей той организации, которой принадлежит подземное сооружение.

При рытье ям вручную в слабом грунте стенки ямы укрепляются с помощью досок толщиной не менее 40 мм и распор со следующей глубины:

1,0 м — в песчаных и в том числе гравийных грунтах;

1,25 м — в супесчаных грунтах;

1,5 м — в суглинистых, глинистых и сухих лессовых грунтах.

После установки столба распоры следует снимать постепенно, начиная снизу и подсыпая в яму землю, которую через 20–30 см обязательно плотно утрамбовывать.

При пльвунах и мокрых лессовых грунтах, когда распоры вынимать опасно из-за возможности обвала грунта, ямы засыпают без разборки креплений.

Работа по рытью ям с помощью взрывчатых веществ выполняется только бригадой, в состав которой обязательно входит специалист, имеющий право на производство взрывных работ.

Установка и замена опор. Установку и замену опор с помощью бурильно-крановых машин необходимо производить с соблюдением требований безопасности.

При установке опор с помощью «падающей стрелы» перед началом подъема опоры руководитель работ проверяет исправность троса, надежность крепления блоков или лебедки, правильность установки «ног» стрелы и надежность крепления троса к опоре, а также следит за тем, чтобы в момент сброса стрелы между опорой, стрелой и блоками или лебедкой не находились люди. При подъеме необходимо следить, чтобы опора не раскачивалась.

При ручной установке и замене деревянных опор руководитель обеспечивает необходимое число рабочих, определяемое в зависимости от размера и массы опоры.

Рабочие моложе 18 лет и женщины к переноске столбов вручную не допускаются.

При установке и замене опор на насыпях и склонах число рабочих увеличивается по сравнению с обычными нормами в зависимости от местных условий; кроме того, принимаются меры для предупреждения скатывания столбов (удерживание их веревками и другими приспособлениями).

При подъеме опор необходимо пользоваться рогаками. Багор может применяться только как вспомогательное средство для направления приподнятой опоры к яме, для снятия стропа, веревки и т. п.

Мачты и сложные опоры при подъеме необходимо удерживать в плоскости подъема с помощью канатов или надежных веревок, прикрепленных к вершинам опор, стоя на расстоянии 1,5 длины опоры от места установки.

Запрещается установка железобетонных опор ручным способом без применения механизмов.

Железобетонные опоры во время подъема удерживаются от раскачивания с помощью оттяжек (канатов, веревок), укрепленных у вер-

шины опоры. Снимать оттяжки разрешается после того, как опора будет полностью установлена.

Перед откопкой ямы для новой опоры старая опора укрепляется рогами или баграми.

Замена опоры с помощью ручной лебедки производится не менее чем двумя рабочими. Лебедку с тросом следует надежно закреплять внизу опоры. Масса поднимаемого столба не должна превышать грузоподъемности лебедки.

Подниматься на вновь установленную опору разрешается только после засыпки ямы и утрамбовки земли. При перекладке проводов с заменяемой опоры на вновь установленную монтер должен закрепиться обоими когтями и цепью пояса на новой опоре; вершины старой и новой опор временно скрепляются хомутами.

При замене угловой опоры следует ослабить вязки проводов на опорах, смежных с угловой. Следующие за ними опоры, где провода остаются неразвязанными, временно укрепляются подпорами или оттяжками. Заменяемую угловую опору необходимо укрепить за вершину одной или двумя временными оттяжками. Старую опору можно откапывать и убирать только после того, как провода будут переложены на новую опору. Если на угловой опоре работнику непосильно переложить провода, то их с помощью блоков должны оттягивать другие работники.

При замене промежуточной полуанкерной опоры на расстоянии 0,7–0,8 м от старой опоры со стороны, противоположной подпорам, роют яму. Основные столбы новой опоры с помощью блоков поднимают, яму около них наполовину засыпают и утрамбовывают. Затем основные столбы укрепляют баграми или рогами, поднимают поочередно подпоры, направляя их баграми, и прикрепляют к столбам. После того как провода будут закреплены на новой опоре, старую опору, укрепив предварительно баграми или рогами, разбирают и опускают на землю.

Запрещается стоять под опорой при подъеме или опускании ее на землю. Охранная зона, ближе которой посторонние лица не допускаются, — длина столба плюс 2 м.

Запрещается оставлять при длительных перерывах (обед, завершение рабочего дня и т. д.) откопанные опоры или развязанные провода.

При установке или замене приставок, а также при установке подпор принимаются меры, исключаяющие возможность падения, смещения в сторону или произвольного опускания опоры.

При замене подпор или оттяжек на угловой, кабельной, оконечной и других опорах ее предварительно укрепляют временной оттяжкой в сторону, противоположную подпоре, или по направлению оттяжки.

Работа на опорах. Перед началом работ по ремонту линии руководитель работ (бригадир) проверяет надежность и механическую прочность опор на ремонтируемом участке. Ненадежные опоры перед подъемом на них электромонтеров укрепляются.

Перед подъемом на опору следует убедиться в ее прочности, надежности крепления опоры к приставке и механической прочности приставки; при необходимости опора укрепляется рогачами или баграми. Если опора оборудована молниеотводом, не защищенным рейкой, проверяется отсутствие на нем напряжения.

Запрещается подниматься на опору, имеющую наклон, до ее выравнивания и закрепления в грунте. Опора должна выравниваться с помощью тягового механизма и оттяжки, которая укрепляется без подъема на опору.

Перед началом работы на опоре необходимо проверить:

- ◆ у когтей: крепление серпа и стремени, исправность зубьев (шипов), ремней и застежек;
- ◆ у пояса: исправность карабина, целостность стяжных ремней и звеньев цепи, наличие чехла на цепи.

Подъем на опору, работы на опоре, независимо от высоты подъема, производятся после закрепления на опоре цепью пояса и укрепления когтей в устойчивом положении.

Запрещается подниматься и работать на опоре:

- ◆ без когтей и поясов, а также на когтях, не прикрепленных прочно к ногам стяжными ремнями и запястниками, с незастегнутой цепью пояса;
- ◆ одновременно двум работникам.

При работах на опорах, пропитанных масляными антисептиками, необходимо пользоваться специальными брезентовыми костюмами.

Поднявшись на опору воздушной линии, необходимо с помощью индикаторов убедиться в отсутствии на проводах постороннего напряжения. Проверять отсутствие постороннего напряжения следует сначала индикатором высокого напряжения, а после этого — индикатором низкого напряжения.

Запрещается откапывать опору, кантовать или выправлять ее, снимать хомуты со старой приставки или устанавливать новую приставку к опоре, на которой находится работник.

На кабельных, вводных, контрольных опорах и опорах, на которых расположены искровые и газонаполненные разрядники, токоотводы (заземляющие спуски), не имеющие разрыва, закрываются по всей длине опоры деревянной рейкой, чтобы работник, находясь на опоре, не мог коснуться токоотвода когтями.

На кабельных опорах, не оборудованных ступеньками, спуски кабелей должны защищаться деревянными рейками.

Кабельные опоры оборудуются кабельными площадками, огражденными перилами. Площадки не должны касаться заземляющего спуска, молниеотвода.

Работа на угловых опорах. При работе на угловой опоре с траверсным профилем следует располагаться с внешней стороны угла по отношению к проводам, на которых производится работа. Перед началом работы необходимо проверить прочность насадки изоляторов на штыри у провода, по отношению к которому работник будет находиться с внутренней стороны угла. Поврежденные изоляторы требуется снимать с крюков и штырей в рукавицах.

На угловой опоре с крюковым профилем следует работать с внешней стороны угла, образованного проводами.

Устанавливать лестницы и работать на угловых кабельных опорах разрешается только с внешней стороны угла, образованного кабелями.

Подъем на опору арматуры, проводов и т. п. следует производить с помощью веревки и после того, как работник устойчиво и надежно укрепится на опоре. К середине веревки привязывают необходимые предметы, второй конец веревки находится в руках у стоящего внизу работника, который удерживает поднимаемые предметы от раскачивания.

Запрещается при подъеме на опору поднимать с собой провода, траверсы, трансформаторы и другие тяжелые предметы.

Подъем на опору груза массой, превышающей 15 кг, производится с помощью блока. Ослабить удерживающую веревку разрешается после того, как груз будет надежно закреплен на опоре.

Паяльную лампу или разогретую кабельную массу на кабельную опору необходимо подавать в ведре. Вынимать лампу или чайник с кабельной массой из ведра разрешается только в рукавицах, когда ведро надежно установлено на кабельной площадке.

4.7.2. Подвеска проводов и кабелей

При подвеске проводов через дороги, улицы, проезды и т. д. размотанные провода поднимаются и временно закрепляются на такой высоте, чтобы не мешать движению транспорта. Если поднять провода на требуемую высоту невозможно, необходимо выставить охрану на время подвески проводов и приостановить движение транспорта. Охрану следует выставлять и при размотке проводов.

При подвеске проводов в населенных пунктах и на пересечениях дорог для предупреждения водителей транспортных средств и пеше-

ходов (на тротуарах) по обе стороны навстречу движению транспорта на расстоянии 15–20 м от места производства работ устанавливаются предупредительные знаки «дорожные работы». При плохой видимости дополнительно устанавливаются световые сигналы. Перед началом производства работ на проезжей части местные органы ГАИ ставятся в известность о месте и времени проведения работ.

Подвеска проводов через железнодорожное полотно согласовывается с администрацией железной дороги.

Запрещается производство работ во время прохождения поездов.

Если при приближении поезда поднять провод на требуемую высоту не удастся, его необходимо быстро перерезать на обоих переходных опорах.

При подвеске проводов на верхней траверсе или на первом и втором местах крюкового профиля опор ЛС (РФ), имеющих воздушные пересечения с линиями электропередачи в любом пролете, необходимо заземлять подвешиваемые провода с обеих сторон от места работы.

При подвеске кабеля с земли трос с прикрепленным к нему кабелем поднимается с помощью блоков, надежно укрепленных на опоре. Перед началом работы проверяются исправность блоков и прочность веревки, пропущенной в блоки.

Сварка проводов. Провода можно сваривать на земле или на опоре. При этом работник должен находиться от свариваемых проводов на расстоянии не менее 0,5 м.

Запасные термитные патроны хранятся в металлической коробке в рабочей сумке отдельно от термитных спичек.

Термитные спички хранят в отдельных коробках. Каждая спичка обернута бумагой, и все спички аккуратно укладываются в коробку.

При перевозке термопатроны плотно укладываются в ящик аналогично заводской укладке. При перекладке и переноске ящиков с термопатронами не следует допускать сильных сотрясений, бросков.

Запрещается сварка проводов на угловой опоре.

Демонтаж линий. Работы по демонтажу опор и проводов проводятся по технологической карте или проекту производства работ в присутствии руководителя работ.

Для предупреждения падения работника вместе с опорой до снятия проводов опору укрепляют с трех-четырех сторон рогами или баграми. Так же укрепляют и две следующие опоры. Если опора укреплена приставками, то проверяется надежность крепления опоры к приставке.

Запрещается развязывать провода одновременно на двух и более смежных опорах, а также обрезать все провода на опоре с одной стороны.

Снимать провода, подвешенные в пролете пересечения над контактными сетями наземного электротранспорта или линиями электропередачи напряжением 380/220 В, следует при отключенной и заземленной на месте работ контактной сети или линии электропередачи. При пересечении электрифицированных железных дорог демонтировать провода связи в пролете пересечений разрешается только после снятия напряжения с контактной сети. Работа производится в диэлектрических перчатках и галошах. Демонтируемый провод заземляется.

Работы на пересечениях с контактной сетью производятся при обязательном присутствии представителя службы дистанции (района) контактной сети.

При демонтаже линии, подверженной влиянию воздушных линий электропередачи или электрифицированной железной дороги переменного тока, все провода демонтируемой линии закорачиваются и заземляются через каждые 250 м. Закорачивание и заземление проводов производится в диэлектрических перчатках. Необходимо укрепить опоры, заземлить провода и приступить к снятию проводов. После того как будут освобождены от вязок провода на всех опорах заземленного участка, их обрезают на тех опорах, где установлено заземление, затем, не снимая заземляющих проводников, опускают провода на землю и, сняв один из заземляющих проводников, сматывают в бухту.

4.7.3. Строительство и эксплуатация стоечных линий

Работы на стоечных линиях проводятся с использованием предохранительного пояса и диэлектрических галош или обуви с резиновыми подошвами.

При разбивке трассы стоечной линии необходимо предусматривать безопасность подходов к стойке (устройство люков, трапов, подвеску предохранительных тросов).

Состояние предохранительных тросов, трапов (мостков), выходных лестниц и рабочих площадок проверяется не реже одного раза в год.

Работа на крышах. Работа на крыше, покрытой льдом или тонким слоем снега, кроме плоских крыш, допускается в исключительных случаях только для ликвидации аварий бригадой не менее чем из двух человек.

У стоек, установленных на крутых неогражденных крышах (с уклоном более 30°), должны иметься: выходной люк с закрывающейся крышкой и лестницей, закрепленной на чердаке, и рабочая площадка. При невозможности устройства люка вблизи стойки между люком и стойкой подвешивается предохранительный трос или стальная оцин-

кованная проволока диаметром 5 мм (две свитые трехмиллиметровые проволоки).

На некрутых неогражденных крышах вместо люка для подхода к стойкам разрешается вешать между слуховым окном и стойкой предохранительный трос (или стальную оцинкованную пятимиллиметровую проволоку) на высоте 0,8 м. Трос крепят с одной стороны за хомут, укрепленный на стойке, а с другой — за металлическую скобу, прикрепленную болтами к балке слухового окна. В целях обеспечения устойчивости стойки, установленной без оттяжек, в стороне, противоположной натяжению предохранительного троса, устанавливается контроттяжка.

На крышах, покрытых оцинкованным кровельным железом, шифером, дранкой, толем и т.д., у всех стоек устраиваются люки и рабочие площадки или прокладываются трапы и подвешиваются предохранительные тросы от слухового окна до стойки. На крышах зданий, имеющих не более двух этажей, при отсутствии слухового окна предохранительный трос одним концом крепится к металлической скобе (уголку), укрепленной у края крыши около пожарной лестницы или того края крыши, где удобно установить переносную лестницу; другой конец троса крепится за хомут стойки.

Подниматься на крышу следует по внутренней лестнице и выходить через чердак и специальный люк. При отсутствии люка на крышу следует выходить через слуховое окно.

Выход на крыши зданий, имеющих более двух этажей, разрешается только через выходные люки.

Запрещается при отсутствии выходных люков установка стоек на крышах зданий, имеющих более двух этажей.

Перед выходом на железную крышу необходимо с помощью индикатора убедиться в отсутствии на ней опасного напряжения.

Работник, обнаруживший на крыше опасное напряжение, обязан известить об этом организацию, эксплуатирующую здание, и руководителя предприятия.

При выходе на крышу карабин предохранительного пояса закрепляется за трос, протянутый между слуховым окном и стойкой или при отсутствии слухового окна — между стойкой и краем крыши. Дойдя до стойки, необходимо закрепиться за нее цепью предохранительного пояса.

При передвижении по крыше, имеющей уклон (за исключением крыш с внутренним водостоком), следует обязательно привязываться к стойке страхующим канатом. Канат пропускается через оба кольца предохранительного пояса и завязывается прочным узлом.

При установке стоек на крышах, имеющих уклон, необходимо на чердаке привязываться страхующим канатом к стропилам. Стойки устанавливаются не менее чем двумя работниками. По мере продвижения работника по крыше второй работник, находящийся на чердаке, вытравливает канат так, чтобы он был слегка натянут. После того как вырезано (подготовлено) в крыше отверстие для стойки, канат пропускают через отверстие и прочно привязывают к чердачной балке. Чтобы канат не перетерся, в отверстие вставляют металлическую втулку с загнутыми краями.

Установив и укрепив болты для крепления оттяжек, канат привязывают к одному из болтов, что позволяет осуществлять страховку работающих. При установке стоек страхующий канат остается привязанным к стропильной балке на все время работы.

Провода на переходных стойках над проводами электроосветительной сети и над контактными сетями электрифицированной железной дороги, трамвая и троллейбуса подвешивают с помощью веревочной петли, соблюдая все меры предосторожности.

При натяжке и регулировке проводов блоки следует крепить за трубу стойки.

Запрещается крепить блоки за ограждения крыши, дымовые и вентиляционные трубы.

При подвеске на стойках проводов (высотой от поверхности крыши более 0,8 м) напряжением 240 В на высоте 0,8 м от поверхности крыши устанавливают табличку «Высокое напряжение. Опасно для жизни!» При подвеске на стойке проводов напряжением свыше 240 В табличка укрепляется на высоте 1 м от поверхности крыши.

При подвеске на стойках проводов напряжением 240 В габаритом 0,8 м таблички вывешиваются на чердаке при выходе на крышу. Чердак запирается на замок.

При работе с проводами, подвешенными на стойках с габаритами 2,5 м, следует пользоваться съёмными ступенями.

Подъем материалов, оборудования, проводов. Подвеску проводов между стойками, установленными на разных зданиях, производят с помощью веревок, для чего с одной и с другой крыши, где установлена бухта провода, пропускается веревочная петля, затем конец провода бухты привязывается к веревке и перетягивается (при небольшом натяжении) на крышу соседнего здания.

При подвеске проводов через улицу, по согласованию с местными органами ГАИ, устанавливаются предупредительные знаки и сторожевые посты, предупреждающие о необходимости осторожного движения.

При подъеме провода движение транспорта останавливается.

Материалы и инструменты доставляют на крышу по внутренней лестнице через люк или слуховое окно.

В случае возможности выхода на крышу только по пожарной лестнице громоздкие и тяжелые материалы поднимают с помощью блока, укрепленного на предварительно проверенной пожарной лестнице. Поднимаемый груз придерживается и направляется с помощью веревки работником, стоящим внизу в стороне от поднимаемого груза.

Поднятый до края крыши груз закрепляется с помощью веревки за надежную конструкцию (радиотрансляционную или телефонную стойку, стропильную балку и т. п.) и затем с помощью этой же веревки подтягивается на крышу.

Место подъема грузов на крышу должно ограждаться. Кроме ограждения у места подъема следует установить сторожевые посты. Подъем грузов производится со двора.

Поднятый на крышу материал размещается с принятием мер против его падения, в том числе от воздействия ветра. Мелкие материалы и инструменты укладываются в сумку монтера. Предметы, которые могут скатываться с крыши, закрепляются.

По окончании работ на крыше отходы и весь оставшийся материал с крыши убираются.

Запрещается что-либо сбрасывать или сметать с крыши.

4.7.4. Работа на линиях связи, имеющих дистанционное питание (ДП)

Напряжение ДП снимается по телефонограмме (распоряжению) руководителя работ. Телефонограмма о начале работ дается на имя дежурного инженера УП (усилительного пункта) или станции, который в свою очередь сообщает об этом дежурному соседнего УП.

В телефонограмме указываются цепи, с которых снимается напряжение ДП, время начала работ, участок работы и точное место повреждения, характер работы, ответственный исполнитель.

Перед началом работ со снятием ДП необходимо по служебной связи получить подтверждение с УП или станции о снятии напряжения ДП, проверить с помощью индикатора отсутствие напряжения ДП на проводах.

Выключение ДП на питающем УП, или пункте, питающем дистанционно радиотрансляционный узел, осуществляется с помощью ключа или рубильника с созданием видимых разрывов цепи; кроме того, для предупреждения возможности ошибочного включения напряже-

ния на плате ДП снимаются предохранители и вывешиваются плакаты с надписью «Не включать — работают люди!» Количество повешенных плакатов должно соответствовать числу бригад (лиц), одновременно работающих на отключенной линии.

По окончании работы снять плакаты и включить напряжение ДП имеет право только лицо, повесившее плакаты. Плакаты снимаются по мере получения телефонограмм об окончании работ на линии. Включение напряжения ДП производится только после подтверждения руководителя работ об их завершении и выводе работников из опасных зон.

Работы по обслуживанию линий связи, имеющих цепи с ДП, должны производиться в следующих случаях.

Без снятия напряжения ДП:

- а) выполнение низовых линейных работ;
- б) очистка проводов от осадков, изморози и гололеда деревянными шестами и другими неметаллическими приспособлениями;
- в) устранение повреждений на цепях, расположенных ниже цепей с ДП, а также на цепях, расположенных на противоположной по отношению к цепям от ДП стороне траверс. При этом обязательно применение диэлектрических перчаток.

Со снятием напряжения ДП:

- а) капитальный и текущий (планово-предупредительный) ремонт воздушных ЛС с цепями, по которым осуществляется передача ДП;
- б) устранение повреждений на цепях, подвешенных выше цепей с ДП, и на цепях, расположенных по одну сторону с цепями ДП.

Работы на линиях, имеющих цепи с ДП, производятся по нарядам-допускам в соответствии с требованиями безопасности или по телефонному распоряжению сменного инженера (техника) УП, станции или лиц, их замещающих, которые несут ответственность за своевременное выключение и включение ДП.

Отданное распоряжение должно быть занесено в оперативный журнал с отметкой времени выключения ДП. В этом случае включение и выключение ДП производится на питающих пунктах лицом, отдавшим распоряжение о начале работ по устранению повреждений.

В случае аварии напряжение ДП снимается немедленно ответственным дежурным по УП или станции.

4.7.5. Работа на фидерных линиях радиофикации (РФ)

Работать на фидерных линиях РФ без снятия напряжения разрешается:

- ◆ при напряжении 120 В с применением инструмента с изолирующими рукоятками или в диэлектрических перчатках;
- ◆ при напряжении 240 В в диэлектрических перчатках.

При работах на фидерных линиях с напряжением 120 и 240 В на железной крыше (крыше с металлическим покрытием) и на опорах, оборудованных молниеотводами, а также в сырую погоду необходимо применять диэлектрические галоши.

При работах с абонентскими линиями можно пользоваться головными телефонами, корпус которых изготовлен из изолирующих материалов.

Запрещается подключать головные телефоны к проводам фидерных линий.

Работать на проводах напряжением 120 и 240 В, подвешенных на одних опорах с проводами напряжением 360 В и выше, разрешается без снятия напряжения с последних при условии, что они расположены выше проводов напряжением 120 и 240 В не менее чем на 1 м на столбовых линиях и не менее чем на 1,7 м на стоечных линиях, а также при условии, что работы не связаны с подвеской, регулировкой и демонтажем проводов.

Работа на фидерных линиях РФ напряжением выше 240 В производится по письменному разрешению только после снятия с них напряжения.

Допускается выполнять аварийные линейные работы по телефонному разрешению с регистрацией этого разрешения в журнале дежурств по аппаратной с последующим оформлением разрешения по установленной форме.

Подписавший разрешение на производство работ (или отдавший телефонное распоряжение) обязан обеспечить невключение напряжения в линию, на которой выполняются эти работы, до получения сведений об их завершении. На распределительном щитке или штативе выходной коммутации, откуда подается напряжение, выключается нужная фидерная цепь и вывешивается плакат «Не включать — работают люди!» Количество плакатов, вывешенных на рукоятках управления, должно соответствовать числу бригад (лиц), одновременно работающих на отключенной линии.

При производстве работ на фидерной линии, имеющей на своих опорах по несколько цепей с напряжением 360 В и выше, одновременно выключаются и заземляются все цепи данной линии. В случае производства работ на линии, отходящей в сторону от совмещенного участка, выключаются только те цепи, которые находятся на линии ответ-

вления, где будет производиться работа, о чем должно быть указано в разрешении.

Перед началом работы на линии работник, на имя которого выписано разрешение, обязан убедиться в том, что фидерная линия с напряжением свыше 240 В, на которой будет производиться работа, отключена и напряжение с нее снято, а также в отсутствии на этой линии постороннего напряжения.

К выполнению работы на линии разрешается приступить не ранее времени, указанного в разрешении или записанного в журнале, и после соответствующего указания производителя работ (работника), на имя которого выписано разрешение.

Убедившись в отсутствии постороннего напряжения на проводах, необходимо заземлить и закоротить их с обеих сторон от места работы с помощью переносных заземлителей. Сечение гибкого медного провода для заземления должно быть не менее 16 мм². На стоечных линиях I класса в качестве заземлителя используется дополнительный заземленный провод линии РФ.

По окончании работы лицо, на имя которого выписано разрешение, обязано убедиться в том, что все работы выполнены правильно, временные перемычки и заземления сняты, все рабочие удалены с места работы. Об этом делается соответствующая запись в бланке разрешения на работу.

Включить фидерную линию, подать на нее напряжение и снять предупредительные плакаты может лишь лицо, производящее выключение, после того как производитель работ, на имя которого выписано разрешение, распишется в журнале дежурства по аппаратной о возможности включения напряжения. Если работа выполнялась несколькими бригадами (лицами), то включать напряжение в линию можно только после того, как все работники, ответственные за выполнение работ, распишутся в журнале. Если место работы удалено от радиоузла, допускается включать фидерную линию по телефонограмме, переданной производителем работ. Текст телефонограммы записывается в журнале дежурства по аппаратной лицом, производившим выключение напряжения.

Обивать гололед с проводов линий I класса следует после снятия напряжения.

На общих опорах допускается совместная подвеска только проводов РФ II класса и проводов электросети напряжением 380/220 В при обеспечении необходимого расстояния от нижних проводов РФ до земли. Провода электросети располагаются над проводами радиотранс-

ляционных цепей. Расстояние на опоре между нижним проводом электросети и верхним проводом РФ должно быть не менее 1,5 м.

При расположении проводов РФ на кронштейнах это расстояние принимается от нижнего провода электросети, расположенного на той же стороне, что и провод РФ, в середине пролета данное расстояние должно быть не менее 1 м.

На вводах в здания расстояние между проводами электросети и РФ должно быть по горизонтали не менее 1,5 м.

Запрещается вертикальное расположение вводов РФ и электросети (один над другим) и их взаимное пересечение.

При производстве работ на опорах совместной подвески работники, обслуживающие сеть РФ, обязаны получить письменное разрешение на проведение работ от организации — владельца линий.

Без уведомления владельца линий электросети на проводах РФ разрешаются только работы по устройству, замене и регулировке вводов, замене ограничительных перемычек, крюков, изоляторов и трансформаторов.

Перед началом работы на проводах РФ, подвешенных на опорах электросети, необходимо убедиться с помощью индикатора в отсутствии на них напряжения электросети. Если на проводах вещания будет обнаружено напряжение электросети, об этом следует немедленно сообщить работникам, обслуживающим данный участок электросети.

При производстве работ по подвеске и регулировке проводов на опорах электросети подвешиваемые провода заземляются. Натяжение и регулировку проводов необходимо производить в защитных очках и диэлектрических перчатках, поверх которых надеваются хлопчатобумажные рукавицы. Рукавицы должны быть короче диэлектрических перчаток.

Работы на совместно используемых опорах, требующие снятия напряжения с проводов электросети, проводятся в сроки, заранее согласованные с владельцами линий.

Работы на линиях совместной подвески с железобетонными опорами и деревянными опорами с заземляющими спусками производятся со снятием напряжения с линии электросети или без снятия напряжения с применением деревянной лестницы или автовышки, причем корзина автовышки не должна касаться проводов или опоры. Допускается также обслуживание таких линий с применением когтей и металлических лестниц, но при этом работа должна производиться в диэлектрических перчатках и галошах.

4.7.6. Работа на линиях связи (ЛС) и радиофикации (РФ), подверженных влиянию электрифицированных железных дорог переменного тока напряжением 25 кВ

Работа на междугородных высоковольтных воздушных линиях связи (ВВЛС). Высоковольтными воздушными линиями связи считаются линии, на проводах которых, вследствие их сближения или пересечения с линиями электрифицированных железных дорог переменного тока, постоянно или временно индуцируются напряжения по отношению к земле, опасные для жизни обслуживающего персонала и для включенной в линию аппаратуры.

На опорах ВВЛС на высоте 2,5–3 м от земли вывешиваются плакаты «Высокое напряжение. Опасно для жизни». В населенных пунктах плакаты вывешиваются на каждой опоре, в ненаселенных — через каждые 10 опор и на всех переходных опорах независимо от места их установки.

Работы проводятся по наряду-допуску бригадой не менее чем из двух человек, имеющих группу по электробезопасности не ниже III, под руководством лица, ответственного за производство работ. Руководитель работ должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV.

Устранение повреждений допускается по устному или телефонному распоряжению с обязательной записью в оперативном журнале. В журнал заносятся фамилия, должность и подпись лица:

- ◆ отдавшего распоряжение о производстве работ на ВВЛС;
- ◆ ответственного за производство работ, фамилии членов бригады, номера цепей, которые следует заземлить, номера опор, у которых заземление должно быть установлено, и перечень используемых защитных средств и приспособлений.

Работы на опорах ВВЛС проводятся после заземления всех проводов, расположенных на опоре со стороны ремонтируемой цепи; на ВВЛС крюкового профиля опор заземляются все провода. При траверсном профиле опор провода, расположенные по другую сторону опоры, могут не заземляться. Работа на заземленных проводах проводится инструментом с изолирующими рукоятками.

Провода заземляются через дренажные катушки с помощью специальных заземляющих штанг. Заземляющие штанги присоединяются к специально оборудуемым вдоль линии заземлителям сопротивлением не более 20 Ом.

Стационарный заземлитель — заземляющий провод, отходящий от устройства защиты, изолируется и защищается от механических повреждений стальным уголком, проложенным вдоль опоры. Уголок на-

чинается ниже поверхности земли на 10 см и заканчивается у верхней траверсы. На высоте 1,5 м уголок имеет разрыв длиной 10 см. В этом месте заземляющий проводник углубляется в столб и защищается деревянной рейкой.

При работах на опорах, смежных с опорами, оборудованными стационарными заземлителями, помимо заземления проводов, также применяются диэлектрические перчатки и инструмент с изолирующими ручками.

После заземления проводов необходимо убедиться с помощью индикатора в отсутствии на них опасных напряжений.

При использовании автомобиля с телескопической изолированной вышкой работу можно производить без заземления проводов.

При подвеске проводов на ВВЛС провод вдоль линии следует разматывать отдельными участками длиной не более 250 м.

Поднимать провод на опору необходимо с помощью сухой веревки.

Регулировать стрелу провеса проводов и крепить провод на участке следует до соединения его с проводом предыдущего участка.

Перед соединением отдельных участков провода в месте соединения заземляются.

Все работы по подвеске и регулировке проводов производятся в диэлектрических перчатках.

Все измерения на ВВЛС производятся в диэлектрических перчатках и галошах. Измерительные приборы подключаются к проводам ВВЛС с помощью изолирующей штанги.

Об окончании работы на ВВЛС лицо, ответственное за производство работ, должно известить руководителя или дежурного, от которого он получил указание на производство работ. Извещение может быть передано личным или телефонным сообщением (проверка обязательна).

Работа на линиях сельской телефонной сети (СТС), городской телефонной сети (ГТС) и радиофикации (РФ). На проводах воздушных линий СТС, ГТС и фидерных линий РФ класса II длительно индуктируемое напряжение не должно превышать:

- ◆ при подвеске на деревянных опорах 60 В;
- ◆ при подвеске на железобетонных опорах и металлических стойках 42 В.

Перед работой необходимо с помощью вольтметра или индикатора напряжения, у которого порог зажигания неоновой лампы не более 60 В, убедиться в том, что напряжение на проводах не превышает указанных величин.

Запрещается работать на линии до устранения повреждения в защитных устройствах, ограничивающих величину индуктируемого напряжения на проводах связи и РФ, если напряжение на проводах будет выше указанных.

На фидерных линиях I класса длительно индуктируемое напряжение не должно превышать 250 В.

При обслуживании фидерных линий РФ I класса провода следует заземлить потому, что на проводах этих линий после снятия напряжения звуковой частоты остаются опасные для жизни индуктируемые напряжения.

Заземлять необходимо цепь, на которой проводится работа, а также соседние цепи. Работа на таких линиях должна проводиться по письменному разрешению, с соблюдением мер безопасности.

Запрещается прикасаться к проводам без диэлектрических перчаток до заземления проводов.

4.7.7. Работа при пересечении и сближении ЛС (РФ) с проводами контактных сетей наземного электротранспорта и линиями электропередачи

Работы по устройству пересечений линий связи и радиофикации с контактными сетями наземного электротранспорта и линиями электропередачи напряжением до 1000 В и выше 1000 В проводятся под руководством лица, ответственного за производство работ. К выполнению работ допускаются рабочие, имеющие группу по электробезопасности не ниже III. Руководитель работ должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV.

При устройстве пересечений в населенных пунктах и на проезжих дорогах, независимо от класса дороги, выставляются сторожевые посты, предупреждающие пешеходов и транспорт об опасности с помощью флажков.

Перед работой необходимо убедиться в отсутствии на проводах постороннего напряжения.

Отсутствие на проводах постороннего напряжения проверяется индикатором напряжения (первичную проверку осуществляет руководитель работ). Отсутствие постороннего напряжения на проводах ЛС (РФ), имеющих воздушные пересечения (сближения) с линиями электропередачи, сближения с контактными сетями электрифицированных железных дорог напряжением выше 1000 В, сначала проверяется высоковольтным индикатором. При отсутствии на проводах ЛС (РФ) постороннего напряжения выше 1000 В с помощью индикатора низко-

го напряжения проверяют отсутствие на проводах ЛС (РФ) постороннего напряжения ниже 1000 В.

Запрещается определять наличие постороннего напряжения на проводах ЛС (РФ), имеющих пересечения (сближения) с линиями электропередачи выше 1000 В и контактными сетями электрифицированных железных дорог, только одним индикатором низкого напряжения.

Наличие постороннего напряжения на проводах фидерной линии РФ напряжением 120 и 240 В определяется по характеру свечения неоновой лампочки в контактных индикаторах. При наличии постороннего напряжения промышленной частоты лампочка горит ярким ровным светом, при отсутствии постороннего напряжения лампочка мигает с частотой, соответствующей частоте звуковой передачи.

Работник, обнаруживший на проводах ЛС (РФ) постороннее напряжение, должен поставить об этом в известность руководителя работ и не приступать к работе до устранения повреждения.

Подвеска и снятие проводов ЛС (РФ), пересекающих провода контактной сети наземного электротранспорта, производится при отключенной и заземленной на месте производства работ контактной сети.

В исключительных случаях при согласовании с заинтересованными организациями разрешается производить работы на воздушных линиях РФ, пересекающих контактную сеть трамваев и троллейбусов, без снятия напряжения на контактной сети.

Присутствие на месте работ представителя дистанции (района) контактной сети обязательно независимо от того, снято или не снято напряжение с контактной сети.

Перетягивать провода над отключенной и заземленной на месте работ контактной сетью следует с помощью сухой веревки.

Веревку перебрасывают с земли или с автовышки через контактную сеть, а затем ее поднимают и пропускают через блоки, укрепленные на переходных опорах, концы веревки связывают, в результате чего образуется петля. Перетягиваемый провод привязывают к узлу веревочной петли и медленно перетягивают через пролет от опоры к опоре (от стойки к стойке).

Все работы по устройству пересечений с находящейся под напряжением контактной сетью выполняются с применением инструмента с изолирующими рукоятками, в диэлектрических перчатках и галошах. Перетягиваемый провод ЛС (РФ) должен быть заземлен. Перебрасывать сухую веревку через неотключенную контактную сеть разрешается только с автовышки.

Работы по устройству пересечений ЛС (РФ) с линиями электропередачи (электросети) напряжением до 1000 В, как правило, производятся после снятия напряжения с линии электропередачи и заземления проводов этой линии на месте работ. Возможность и время снятия напряжения заранее согласовываются с владельцами линий электропередачи. Если снять напряжение с проводов линий электропередачи невозможно, то работу разрешается производить без снятия напряжения, но обязательно в диэлектрических перчатках и галошах, пользуясь инструментом с изолирующими рукоятками. На участках, не отвечающих нормам пересечений, работать следует только со снятием напряжения.

При устройстве пересечений с линиями электропередачи напряжением свыше 380 В натягиваемый под линией электропередачи провод ЛС (РФ) заземляется по обе стороны пересечения у переходных опор. Для предупреждения касания натягиваемого провода проводов пересекаемой линии электропередачи необходимо через натягиваемый провод до его подъема перекинуть веревки с обеих сторон пересекаемой линии. Концы веревок закрепляются за вбитые в землю кольца. Длина веревки равна двойному расстоянию от земли до высшей точки натягиваемого провода после его закрепления.

Воздушные линии ГТС и РФ в местах пересечения с линиями электропередачи напряжением 1000 В и выше прокладываются кабелем.

Запрещается подвешивать провода ЛС (РФ) над проводами линий электропередачи с напряжением выше 380 В.

Если подвеска проводов осуществляется на стойках, устанавливаемых на зданиях, перетягиваемый провод заземляется. С крыши здания, куда подается перетягиваемый провод, спускают сухую веревку и, стоя в корзине автовышки, перебрасывают ее через провода линии электропередачи. С крыши противоположного здания спускается веревочная петля. Конец переброшенной веревки связывают с этой петлей и поднимают ее на крышу первого здания. К веревочной петле привязывают провод и с помощью блока, укрепленного на второй стойке, перетягивают провод на крышу другого здания.

Запрещается перебрасывать провода ЛС (РФ) через провода линии электропередачи как голые, так и изолированные.

Натягивать и регулировать провода ЛС (РФ), проходящие под или над проводами линий электропередачи, необходимо в диэлектрических перчатках и галошах, причем работники, непосредственно натягивающие провода, поверх диэлектрических перчаток надевают брезентовые рукавицы, которые короче диэлектрических перчаток.

4.7.8. Погрузочно-разгрузочные работы и транспортировка грузов

Грузы на транспортных средствах устанавливаются, укладываются, размещаются и закрепляются так, чтобы во время транспортировки не происходило их смещение и падение.

Перед началом разгрузки столбов руководитель работ проверяет состояние (устойчивость) их укладки на платформе и в зависимости от этого определяет способ разгрузки.

Платформы (полувагоны), поставленные под разгрузку, затормаживаются башмаками.

Расстояние между соседними разгружаемыми платформами должно быть не менее 5 м. Если по условиям фронта выгрузки расцепка платформ невозможна, то разгрузка производится через одну платформу.

При ручной разгрузке столбов предварительно проверяются исправность и надежность погрузочно-разгрузочного инвентаря (покатей, багров, блоков, клещей, веревок, тросов, ломов).

Запрещается применять для скатывания и перемещения столбов доски, стойки и др.

Запрещается одновременное сбрасывание нескольких столбов.

При разгрузке или погрузке столбов автомобиль (трактор) должен быть заторможен, под колеса подложены упоры.

Грузить столбы на автомобили и тракторы с прицепами следует рядами, комлями в кузов, установив предварительно на платформе автомобиля и на прицепе стойки со стороны, противоположной погрузке.

При погрузке длинномерных грузов (труб, столбов) на автомобиль с прицепом-ропуском оставляется зазор между щитом, установленным за кабиной автомобиля, и торцами груза для того, чтобы на поворотах и разворотах груз не цеплялся за щит.

Ручная погрузка и разгрузка столбов на автомобиль производится с помощью средств малой механизации и приспособлений.

Запрещается перевозка людей на платформе автомобиля, груженого столбами или приставками, а также на прицепах к автомобилю или трактору.

При разгрузке столбов с автомобилем вручную необходимо пользоваться самоудерживающимися покатами (лагами), которые крепятся к борту автомобиля так, чтобы стоноры не препятствовали свободному скатыванию столбов на землю.

Выгруженные столбы укладываются на деревянные брусья в штабеля ровными рядами; между рядами кладутся прокладки, заклиненные у крайних столбов. В штабеле должно быть не более шести рядов.

При переноске столба вручную рабочие расставляются вдоль столба по росту. Нести столб необходимо на одноименных плечах. Поднимать и сбрасывать столбы разрешается одновременно по команде старшего.

При переноске деревянных столбов вручную число рабочих определяется из расчета максимальной нагрузки 30 кг на одного рабочего.

Железобетонные опоры и приставки переносят только с помощью клещей и других приспособлений.

Запрещается переноска железобетонных опор и приставок на плечах.

Тяжеловесные грузы перемещают по лестницам зданий с помощью троса по доскам, уложенным на ступенях лестниц. Для облегчения перемещения под основания грузов подкладывают катки.

При перемещении груза на катках следует очистить путь от посторонних предметов, а на неровности положить прочные доски. Концы катков не должны выступать из-под грузов больше чем на 0,5 м. Для подведения катков под груз используют ломы и домкраты. Во избежание опрокидывания под переднюю часть груза подкладывают дополнительные катки.

При спуске груза по наклонной плоскости применяют приспособления, препятствующие скольжению груза под действием собственной силы тяжести и его опрокидыванию.

Погрузочно-разгрузочные работы с пылевидными материалами (цемент, известь, гипс и др.) выполняют, как правило, механизированным способом. Работники, выполняющие ручную погрузку и разгрузку пылевидных материалов, обеспечиваются спецодеждой, спецобувью, респираторами и противопылевыми очками.

4.7.9. Требования при работе с антисептиками

Антисептики, употребляемые для пропитки столбов (антраценовое, креозотовое и сланцевое масла, фтористый натрий, хлористый цинк и др.), ядовиты.

Антисептики, попавшие в организм человека, могут вызвать отравление, а при попадании на кожу — различные заболевания.

С антисептиками разрешается работать только в спецодежде, защитных очках, брезентовых рукавицах, кожаных сапогах или ботинках. При работе в ботинках концы брюк необходимо обвязывать тесемками, чтобы не оголялись ноги.

Погрузка, разгрузка, переноска столбов, пропитанных антисептиком, проводятся в спецодежде для работ с антисептированными опорами.

Запрещается с масляными антисептиками работать в резиновой обуви.

Все инструменты и принадлежности для пропитки столбов (мерные кружки, кисти, лопаты, ведра, котелки, бидоны, бачки с антисептиком, готовые бандажы и др.) хранятся в отдельном помещении в закрытых ящиках.

Рабочие, соприкасающиеся с антисептиками при пропитке столбов, должны соблюдать правила личной гигиены: не касаться лица немытыми руками, рукавами спецодежды или рукавицами; не брать немытыми руками папиросы; по окончании работ и перед едой обязательно тщательно мыть руки и лицо с мылом (по возможности принять душ), полоскать рот; не класть на пропитанную древесину никаких вещей, особенно пищевых продуктов.

Для предохранения кожи от вредного воздействия масляных антисептиков применяют специальные пасты.

Запрещается применять для смазывания кожи вазелин и мази, приготовленные на вазелине.

В случае попадания антисептика на кожу пораженное место немедленно тщательно вытирается и промывается теплой водой с мылом.

Груз с антисептиками, переносимый одним рабочим, не должен превышать 16 кг.

При нанесении антисептической пасты на столбы кистью используют мерную кружку. При обмазке столбов кистями следует остерегаться попадания брызг пасты на лицо, руки, одежду и обувь.

Запрещается наносить пасту на столбы кистью непосредственно из ведра во избежание ее чрезмерного разбрызгивания.

Если паста недостаточно густа, то в нее осторожно небольшими частями добавляют сухой антисептик или густую пасту. При просеивании антисептика сито закрывают в плотный чехол, препятствующий распылению антисептика.

Загустевшую пасту разжижают горячей водой.

Запрещается разогревание пасты на открытом огне.

Пропитку вершин вновь устанавливаемых столбов производят на земле до установки их в ямы.

Пропитку вершин уже установленных столбов производят с особой осторожностью, чтобы избежать разбрызгивания и попадания пасты на незащищенные части тела.

При расплавлении битума необходимо следить за тем, чтобы он не перегрелся. Перегрев битума вызывает его вспенивание и самовоспламенение. После расплавления битума огонь в топке гасят.

Во избежание ожогов от брызг переливать горячий битум из котла в котелок или ведро следует осторожно, убедившись в отсутствии в них влаги.

Добавлять в разжиженный битум керосин разрешается только после того, как котелок с битумом будет отнесен в сторону от топки. Перемешивать керосин с расплавленным битумом следует осторожно, не допуская разбрызгивания.

При добавлении в расплавленный битум сольвент-нафты необходимо стоять с наветренной стороны, чтобы не вдыхать ее ядовитых паров.

Переносить расплавленный битум следует вдвоем на длинной и прочной палке в котелке или ведре с крышкой.

При этом запрещается занимать свободную руку другой ношей.

По окончании работ в целях предупреждения отравления скота рассыпанный и не поддающийся уборке антисептик, а также загрязненную траву и остатки бандажей собирают и закапывают в яму на глубину не менее 0,5 м. Остальная часть площадки перекапывается.

Антисептики перевозят в прочной и плотно закрывающейся таре, предохраняющей их от распыления и попадания в них влаги.

Запрещается перевозить рабочих в кузове автомашины, груженной антисептиками.

Запрещается складывать бочки и ящики с антисептиками непосредственно на землю. Предварительно следует устроить подмости из сухих досок или бревен.

Антисептик хранят в сухом и хорошо проветриваемом помещении.

При отсутствии в полевых условиях закрытого специального помещения бочки и ящики с антисептиками закрывают брезентом, чтобы предохранить их от сырости.

Готовая антисептическая паста хранится на складе в плотно закрывающейся посуде. Креозотовое масло хранят в железных бочках с обручами и нарезной пробкой; керосин, сольвент-нафту во избежание испарения хранят в специальной посуде с плотно закрывающимися крышками.

Запрещается хранить бочки, бидоны, кружки и ящики с антисептиками у печей, нагреваемых дымоходов, труб центрального отопления, радиаторов и др.

В местах хранения антисептиков размещаются пенные огнетушители; вблизи штабелей с пропитанными столбами, приставками и другими ставят кадки с водой.

При пропиточных установках размещаются пенные огнетушители и песок в ящиках. Для тушения горящего масла применяют только пенные огнетушители.

Запрещается курить при работах с масляными антисептиками (креозотовым и антраценовым маслами) и керосином.

При переноске тяжестей предельная норма переноски грузов вручную по ровной и горизонтальной поверхности на одного человека не должна превышать:

- ◆ для подростков от 16 до 18 лет — 16 кг;
- ◆ для мужчин старше 18 лет — 50 кг.

Переносить материалы на носилках допускается на расстояние не более 50 м по горизонтальному пути.

Разрешается допускать подростков к переноске тяжестей, если это связано с выполнением ими основной работы по специальности и не занимает более 1/3 всего их рабочего времени.

К самостоятельным работам по обслуживанию воздушных ЛС, имеющих цепи, по которым передается напряжение ДП, допускаются работники, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III.

Руководитель работ должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже IV.

4.8. Требования безопасности при работе с радиоэлектронным оборудованием (РЭО)

4.8.1. Виды и характеристика РЭО, классификация работ с ним

По предъявляемым требованиям безопасности радиоэлектронное оборудование подразделяется на малогабаритное и крупногабаритное. К малогабаритному относится РЭО одноблочного и многоблочного исполнения, которое по своему весу и габаритам может быть размещено на рабочем столе или на тележке около него, а также стойки с вставными блоками, габаритные размеры которых в плане составляют не более 700×700 мм. К крупногабаритному РЭО относится однокорпусное, многокорпусное или бескорпусное оборудование, состоящее из одного и более блоков, которое устанавливается на полу или размещается на различных конструкциях в специальных помещениях.

Действующим считается оборудование, которое питается от электрической сети либо содержит в себе химические, гальванические, полупроводниковые и другие источники электропитания или на которое электроэнергия может быть подана от любого источника включением коммутационной аппаратуры.

К работам с радиоэлектронным оборудованием относятся:

- а) управление;
- б) техническое обслуживание;

- в) ремонт;
- г) наладка;
- д) экспериментальные работы.

Управление оборудованием включает выполнение следующих операций:

- а) включение и отключение РЭА, манипуляции органами управления на наружных панелях и пультах управления;
- б) выполнение вспомогательных операций, необходимых для выполнения технологического процесса (постановка и снятие различных устройств и приспособлений, подсоединение и отсоединение высокочастотных трактов, нагревательных индукторов и др.);
- в) измерение параметров режимов работы оборудования и обрабатываемого изделия;
- г) постановка (снятие) изделий на места их обработки, испытаний, измерений;
- д) соединение (отсоединение) изделий с электрической и технологической частями оборудования.

К техническому обслуживанию относятся следующие операции:

- а) включение и отключение оборудования;
- б) осмотр оборудования;
- в) замена предохранителей, сигнальных ламп, электронных, ионных, полупроводниковых и квантовых приборов, радиотехнических и электротехнических элементов оборудования с явными признаками дефекта без последующей накладки;
- г) подсоединение и отсоединение гетероионных и магнитозарядных вакуумных насосов, замена ионизационного вакуумметра;
- д) устранение небольших неисправностей в цепях управления, сигнализации, блокировки и измерения (зачистка контактов, замена катушек реле и пускателей, измерительных приборов).

Ремонт РЭО предполагает устранение дефектов, не охваченных при техническом обслуживании, а также включает профилактику радиоэлектронного оборудования.

К наладке радиоэлектронного оборудования относятся:

- а) включение оборудования и проверка его работоспособности;
- б) выявление в результате осмотра искрений, перекрытий, пробоев и других дефектов при включенном оборудовании и снятых ограждениях (открытых дверях), если эти дефекты не могут быть обнаружены без подачи напряжения;
- в) выявление и устранение дефектов, замена вышедших из строя или не соответствующих требуемым параметрам деталей и узлов;

г) измерение параметров электрической схемы, режимов работы электронных, ионных и полупроводниковых приборов;

д) регулировка подстроечных элементов (конденсаторов, индуктивностей, резисторов и др.);

е) проверка работы оборудования на эквивалент нагрузки;

ж) испытание оборудования на прогон.

К экспериментальным работам относятся:

а) проверка работоспособности экспериментального образца изделия электронной техники (электронного, ионного, полупроводникового прибора);

б) обследование работы радиоэлектронного оборудования, включая его макетирование;

в) проверка вновь разработанной технологии, требующей внесения изменений в конструкцию или электрическую схему применяемого при эксперименте оборудования.

Безопасность всех видов работ с РЭО обеспечивается соблюдением специальных требований, предъявляемых к:

1) производственным помещениям и размещению в них оборудования;

2) организации рабочих мест;

3) санитарно-гигиеническому состоянию производственной среды;

4) обслуживающему персоналу;

5) организации работ и трудовых процессов;

6) техническому исполнению оборудования для ограничения вредных факторов в рабочей зоне помещений.

4.8.2. Основные требования безопасности

к производственным помещениям и к размещению в них РЭО

Объем производственных помещений на одного работающего должен составлять не менее 15 м^3 , а площадь лабораторий на одного студента или научного сотрудника — не менее $4,5 \text{ м}^2$. При этом минимальная площадь помещения для работ с РЭО составляет 25 м^2 при мощности оборудования N до 30 кВт и 40 м^2 при $N > 30 \text{ кВт}$.

Помещения, в которых осуществляются работы с РЭО, должны быть без признаков повышенной и особой опасности поражения электрическим током, т. е.:

а) сухими (относительная влажность воздуха до 60 %);

б) нежаркими (температура воздуха не более $+28 \text{ }^\circ\text{C}$);

в) изолированными от проникновения токопроводящей пыли;

г) иметь токонепроводящие полы (или основания) и ограждения металлических конструкций и коммуникаций, связанных с

землей, если они не используются в качестве элементов защитного заземления;

д) не содержать химически агрессивной среды (паров, газов), разрушающе действующей на электроизоляцию сетей и оборудования.

Эстетическое оформление лабораторий должно способствовать снижению утомляющего воздействия учебного и трудового процесса.

Коэффициенты отражения ограждающих поверхностей в учебных помещениях, а также размещенных в них мебели и оборудования должны быть не менее: потолков — 0,7; оконных переплетов — 0,7; стен — 0,6; дверей — 0,35; полов — 0,25; мебели и оборудования — 0,35.

С точки зрения эстетического оформления помещения желательно, чтобы в интерьере было использовано не более двух-трех цветов. Для отделки помещения и оборудования, улучшения эмоционального и физиологического состояния работающих, стимулирования воздействия на зрительные органы и благоприятного влияния на нервную систему рекомендуется использовать белый, светло-голубой, светло-зеленый цвета, цвет слоновой кости.

Установки, являющиеся источниками электромагнитных ВЧ, УВЧ и СВЧ диапазонов, должны размещаться в специально предназначенных для них производственных помещениях с капитальными стенами и перекрытиями на верхнем этаже угловых частей зданий. В отдельных случаях разрешается размещать в общих помещениях маломощные измерительные установки СВЧ при условии работы их на поглотитель.

При разработке планировок помещений и размещении оборудования проходы должны составлять:

а) с лицевой стороны пультов и панелей управления — не менее 1 м при однорядном расположении и не менее 1,2 м при двухрядном;

б) с задней и боковых сторон, к которым необходим доступ персонала, — не менее 0,8 м, не включая пространства, необходимого для открывания дверей, панелей оборудования, других устройств, а также площадей, необходимых для размещения переносной измерительной аппаратуры, вспомогательных приспособлений.

В случаях, когда оборудование располагается на столах, проходы в лабораториях должны быть не менее:

- ◆ между торцами столов — 70 см;
- ◆ между столом и стеной — 50 см;
- ◆ между длинными сторонами столов при одном ряде работающих — 80 см;
- ◆ между длинными сторонами столов при двух рядах работающих — 160 см.

4.8.3. Безопасная организация рабочих мест в лабораториях

В помещениях, где производятся работы с РЭО, должны быть оборудованы удобные и безопасные рабочие места. Рекомендуемые размеры столов для ремонта, монтажа, наладки и испытаний малогабаритного радиоэлектронного оборудования — 1300×700×800 мм. Столы должны быть изготовлены из нетокопроводящего материала или покрыты им, не должны иметь металлической обшивки. Ориентировать в пространстве их следует таким образом, чтобы максимально использовалась естественная освещенность и чтобы свет падал по возможности спереди — слева. В случае использования местного освещения свет не должен слепить глаза, его спектральный состав должен соответствовать или быть близким к естественному свету. При люминесцентном освещении светильники должны иметь не менее двух ламп, чтобы уменьшить пульсацию светового потока (коэффициент пульсации не должен превышать 10 %), и располагаться так, чтобы не затенялись информационное поле и зрительные объекты различения.

Рабочие места должны находиться на расстоянии не ближе 1 м от приборов отопления.

На рабочих местах, где производятся монтаж, ремонт и наладка радиоаппаратуры, должен быть предусмотрен электрощиток с утопленными штепсельными гнездами для подключения электроприборов, электропаяльника, измерительной аппаратуры.

Над гнездами должны быть указаны номинальные напряжения, на рубильнике — надписи, соответствующие включенному и отключенному положению, а также надпись над клеммой «земля».

Рабочие места, на которых производится пайка, должны быть оборудованы эффективной вытяжной вентиляцией либо работа должна производиться с использованием электропаяльника со встроенным в него отсосом.

4.8.4. Требования к персоналу, обслуживающему РЭО

Персонал, выполняющий работы с радиоэлектронным оборудованием, должен иметь достаточную для выполнения поручаемой ему работы квалификацию, определяемую квалификационной группой по технике безопасности.

Радиотехническому персоналу, осуществляющему эксплуатацию, ремонт, наладку, управление, техническое обслуживание, экспериментальные работы с радиоэлектронным оборудованием, имеющему контакт с электроустановками, аппаратурой управления и связи присваивается квалификационная группа от I до V.

Административно-технический персонал участка, лаборатории, подразделения (ответственные исполнители, руководители кафедр, отделов, начальники служб), организующий работы с радиоэлектронным оборудованием, а также осуществляющий надзор за безопасностью, должен иметь квалификационную группу не ниже IV (при напряжении в сети до 1000 В — не ниже III). Инженерно-технические работники, выполняющие работы с радиоэлектронным оборудованием, не требующие проникновения внутрь оборудования через двери, снабженные блокировкой, — не ниже III.

Квалификационную группу не ниже IV (при напряжении в сети до 1000 В — не ниже III) должен иметь также сотрудник, старший в группе, выполняющей эту работу, а также лицо, допущенное единолично к обслуживанию радиоэлектронного оборудования.

При ремонте и наладке радиоэлектронного оборудования квалификационная группа производителя работ должна быть не ниже IV (при напряжении до 1000 В — не ниже III), квалификационные группы членов бригады — не ниже III (при напряжении до 1000 В — не ниже II), либо работы должны проводиться в присутствии вблизи налаживаемого оборудования лица, имеющего квалификационную группу не ниже III.

Право выдачи программы (распоряжения) на выполнение работы с радиоэлектронным оборудованием имеют руководители подразделений, заведующие лабораторией, сектором, участком, мастерскими, механики (энергетики) подразделений, инженеры по оборудованию, имеющие квалификационную группу V (при напряжении до 1000 В — не ниже IV).

Квалификационная группа I по технике безопасности присваивается лицам, которым при выполнении технических операций не требуется производить работы внутри оборудования.

Без специальной проверки знаний безопасных методов работы и присвоения квалификационной группы I допускается работа персонала только на таком оборудовании, в котором нет электрических цепей и устройств с напряжением переменного тока выше 12,0 В.

Персонал, имеющий квалификационную группу I, должен иметь представление об опасностях, возникающих в процессе управления радиоэлектронным оборудованием, опасностях действия электрического тока на организм человека, требованиях безопасности, предъявляемых при управлении радиоэлектронным оборудованием, а также уметь оказывать пострадавшему доврачебную помощь.

Персонал, имеющий квалификационную группу от II до V, должен:

- ◆ иметь представление об опасностях, возникающих в процессе работы с радиоэлектронным оборудованием;
- ◆ знать Правила устройства и техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- ◆ уметь оказывать доврачебную помощь пострадавшему от действия электрического тока.

Проверка знаний и присвоение квалификационной группы II – V производится комиссией в составе не менее трех человек.

Квалификационная группа I присваивается после проведения инструктажа и проверки знаний ответственным за электрохозяйство либо по его письменному указанию лицом с квалификационной группой не ниже III.

Лицам, которым присваивается квалификационная группа от II до V, выдается удостоверение. Если лицо осуществляет обслуживание РЭО, в графе «Свидетельство на право проведения специальных работ» делается запись: «Допущен к выполнению работ с радиоэлектронным оборудованием». Персоналу, которому присваивается квалификационная группа I, удостоверение не выдается, а о присвоении ему квалификационной группы делается запись в журнале инструктажей.

4.8.5. Безопасная организация ремонтно-наладочных работ

Наладка, регулировка и ремонт РЭО должны производиться с соблюдением специальных требований безопасности и мер предосторожности.

Наладочные работы могут производиться в помещениях, где разрабатывается или эксплуатируется оборудование, и выполняться лицами, имеющими специальный допуск к работам с радиоэлектронным оборудованием.

Наладку вставных блоков крупногабаритного оборудования, которые не могут быть налажены отдельно, разрешается производить на месте размещения оборудования. При этом используется механически прочный стол или специальная подставка, изготовленная из токопроводящего материала. Осциллограф и другие приборы необходимо размещать на специальных тележках или в стеллажах. Приборы переносного типа могут располагаться на выдвигаемых столиках оборудования, полках или рабочем столе.

Настройщик (регулировщик) радиоаппаратуры должен быть обеспечен удобным и безопасным инструментом с электроизолирующими (покрытыми электроизоляционным материалом) рукоятками, а также

необходимыми средствами защиты — экранами, решетками, диэлектрическими перчатками, ковриками, изолирующими подставками и др.

Приемы, а также оборудование, используемые в работе, должны обеспечивать безопасность персонала и окружающих от действия электрического тока, возможных механических травм, теплового воздействия, электростатических разрядов, электромагнитных излучений и т. д.

Для измерения параметров электрической схемы и режимов работы электронных и полупроводниковых приборов, замены вышедших из строя деталей допускается извлекать отдельные узлы, блоки РЭО из стоек, шкафов, открывать двери, снимать кожухи в местах подключения измерительной аппаратуры, закорачивать блокировку. При этом должны быть выполнены необходимые требования безопасности.

Извлекать оборудование из корпуса (кожуха), снимать его обшивку, выявлять и устранять дефекты в электрической схеме (монтаже), заменять вышедшие из строя или не соответствующие требуемым параметрам детали и узлы разрешается только после полного снятия напряжения с оборудования (в том числе и с его вводных клемм) и проверки отсутствия остаточных зарядов с помощью ручного заземленного разрядника.

Включение оборудования с целью проверки его работоспособности производится с помощью штепсельных разъемов и коммутационной аппаратуры. При этом выполнение каких-либо других работ на налаживаемом оборудовании должно быть прекращено.

Одновременно на рабочем месте разрешается налаживать только одну единицу оборудования.

Налаживаемый вставной блок может быть подсоединен к основному оборудованию с помощью пайки.

Места расположения и подключения измерительной аппаратуры в электрические цепи напряжением выше 1000 В необходимо закрыть временными ограждениями с установленными на них знаками безопасности, доступ оставляется лишь к элементам схемы, имеющим непосредственное отношение к процессу наладки и регулировки РЭО.

Для обеспечения безопасности работающих от поражения электрическим током металлические корпуса контрольно-измерительных приборов, узлов, блоков РЭО и электропитания присоединяются к заземляющей (зануляющей) шине.

Конструкция заземляющего устройства выдвижных, откидных или съемных узлов, блоков РЭО должна обеспечивать надежное электрическое соединение их с каркасами или кожухами, в которых установ-

лены эти блоки. Корпус налаживаемого блока соединяется с корпусом основного оборудования гибким медным проводником сечением не менее 4 мм².

Заземленные корпуса электроаппаратуры, а также заземляющие проводники следует разместить так, чтобы при работе исключалась возможность прикосновения к ним, с одной стороны, и к токоведущим частям электроустановок — с другой.

В процессе наладки оборудования напряжением до 1000 В допускается подсоединение измерительного прибора к контрольным точкам схемы без отключения напряжения. Такие измерения производятся путем касания точек схемы проводником, идущим от измерительного прибора и оканчивающимся штекерным наконечником с ручкой из твердого изоляционного материала с металлическим электродом длиной не более 1–2 см. Другой провод измерительного прибора до начала измерений должен быть подсоединен к металлическому заземленному корпусу налаживаемого оборудования (блока).

Для подключения контрольно-измерительной аппаратуры, питающейся от электросети, может быть использован переносной электроциток либо переносная штепсельная колодка, выполненные из механически прочного изоляционного материала с утопленными гнездами, встроенными предохранителями и клеммами для заземления (зануления). Включение штепсельной колодки в сеть должно производиться с помощью гибкого шлангового провода с отдельной заземляющей (зануляющей) жилой в общей оболочке и штепсельной вилки с заземляющим контактом.

Дефекты, которые не могут быть обнаружены при снятом напряжении вследствие искрения, перекрытия, пробоев и т. п., следует выявлять путем наблюдения за находящимися под напряжением элементами узла, блока РЭО через открытые двери или снятые кожуха.

Регулировку и подключение подстроечных элементов, находящихся под напряжением, следует производить с повышенной осторожностью.

В узлах и блоках РЭО с напряжением выше 1000 В данные операции должны выполняться с помощью основных электрозащитных средств. При выполнении подобных операций без снятия напряжения руки регулировщика не должны приближаться к токоведущим частям на расстояние менее длины изолирующей части защитного средства.

Если в настраиваемом блоке имеются электрические конденсаторы, питающиеся напряжением выше 100 В, то такой блок следует располагать так, чтобы эти конденсаторы не находились против лица регули-

ровщика и не были обращены в сторону соседних рабочих мест. При невозможности выполнения этих условий со стороны соседних рабочих мест необходимо установить временные ограждения, а работающие должны использовать средства защиты. Лицо наладчика должно быть защищено полумаской из оргстекла.

Радиотехнические изделия, имеющие на выходе конденсаторы, находящиеся под постоянным напряжением выше 110 В (выпрямители, импульсные генераторы и др.), должны иметь исправные разрядные устройства, обеспечивающие автоматический разряд конденсаторов при извлечении узлов и блоков из этих изделий.

При монтаже схем запрещается:

- ◆ производить измерение параметров цепи переносными приборами с неизолированными щтекерами, шумами, проводами;
- ◆ применять для соединения блоков и приборов провода с поврежденной изоляцией;
- ◆ проверять на ощупь наличие напряжения и нагрев токоведущих частей схемы;
- ◆ производить пайку и монтаж деталей в схеме под напряжением;
- ◆ заменять во включенной аппаратуре предохранители.

При испытании оборудования на прогон разрешается осуществлять наблюдение за режимом работы только по измерительным приборам. При появлении неисправности оборудование должно быть немедленно отключено.

При управлении оборудованием персонал может приступать к работам только после его предварительного осмотра и проверки исправности действия защитных средств. Исправность действия защитных средств определяется не менее чем по двум признакам, например по показаниям измерительных приборов и сигнальных ламп.

Перед началом работ по наладке или ремонту РЭО ответственный за их проведение обязан проверить и обеспечить:

- ◆ отсутствие в помещении посторонних лиц;
- ◆ правильность сборки электрической схемы, отсутствие в ней замыканий, закорачиваний, других неисправностей;
- ◆ наличие и надежность заземления корпусов налаживаемых объектов и оборудования;
- ◆ обеспеченность и надежность используемых средств защиты;
- ◆ надежность работы средств сигнализации и блокировки.

Персонал, осуществляющий ремонтно-наладочные работы, обязан четко знать местонахождение устройств аварийного снятия напряжения с оборудования, измерительных приборов, испытываемых объектов.

Работник, производящий включение напряжения, должен видеть участвующих в осуществлении наладки и предупредить их о подаче напряжения. При невозможности выполнения этого условия доступ к открытым частям РЭО исключается путем установления временных ограждений с предостерегающими плакатами.

По окончании работ провод временно наложенного заземления следует отключить в последнюю очередь. При приведении РЭО в рабочее состояние должны быть сняты закоротки с защитных блокировок, поставлены на место снятые обшивки, установлены другие защитные элементы оборудования. Исправность действия блокировки необходимо проверить путем трехкратного включения оборудования и открывания (снятия) заблокированных дверей (ограждений).

4.9. Меры безопасности при организации и производстве работ в подземных кабельных сооружениях

Работу в подземных кабельных сооружениях (смотровых устройствах, кабельных колодцах), а также осмотр со спуском в них должна выполнять бригада в составе не менее трех работников, из которых двое страхующих. Между работниками, выполняющими работу, и страхующими должна быть установлена связь. Производитель работ должен иметь квалификационную группу IV по электробезопасности.

При работе в подземных смотровых устройствах должен выдавать наряд-допуск.

По обе стороны колодцев, в которых производится работа, устанавливаются ограждения-барьеры. Если колодец находится на проезжей части дороги, ограждения устанавливают навстречу движению транспорта на расстоянии не менее 2 м от люка колодца. Кроме того, на расстоянии 10–15 м от ограждения навстречу движению транспорта должны быть установлены предупредительные знаки, при плохой видимости — дополнительные световые сигналы.

До начала работы воздух в подземных сооружениях должен быть проверен на присутствие опасных газов (метан, углекислый газ). Наличие газа необходимо проверять в колодце, где будет производиться работа, и в близлежащих смежных колодцах.

В подземных сооружениях исследование воздуха на присутствие в нем метана и углекислого газа необходимо проводить независимо от того, имеется в населенном пункте подземная газовая сеть или нет.

Для проверки загазованности смотровых устройств крышки кабельных колодцев, находящихся на расстоянии до 15 м от газопровода, должны иметь отверстия диаметром до 20 мм.

При открывании люка колодца следует применять инструмент, не дающий искрообразования, а также избегать ударов крышки о горловину люка.

В зимнее время, если требуется снять примерзшую крышку люка, допускается использование кипятка, горячего песка.

У открытого люка колодца должен быть установлен предупредительный знак или сделано ограждение.

Убедившись с помощью газоанализатора (газосигнализатора) в отсутствии взрывоопасных газов, необходимо проверить в колодце наличие углекислого газа, а также содержание в воздухе кислорода, которого должно быть не менее 20 %.

Если при открытии колодца опасный газ в нем не был обнаружен, то дальнейшая проверка на его присутствие производится газоанализатором (газоиндикатором, газосигнализатором) через каждый час.

Газоанализаторы (газоиндикаторы) необходимо проверять один раз в шесть месяцев, если другие сроки не установлены заводом-изготовителем, в специализированных лабораториях. Проверка исправности газоанализатора (газоиндикатора) должна фиксироваться в специальном журнале.

Если анализ показал наличие опасного газа, то работа в подземных сооружениях должна быть прекращена до тех пор, пока не будет устранена причина поступления опасного газа. О наличии взрывоопасного газа в подземном сооружении старший по бригаде должен немедленно поставить в известность руководителя организации и аварийную службу газового хозяйства.

Смотровые устройства, в которых периодически обнаруживаются метан и углекислый газ, должны быть взяты на учет.

Все работы по ликвидации загазованности смотровых устройств взрывоопасными газами проводят только работники службы газового хозяйства.

До тех пор, пока не будет установлено, что в колодцах нет взрывоопасных газов, запрещается приближаться к люку с открытым огнем (с зажженной паяльной лампой, горячей спичкой, папиросой и др.).

До начала работ в колодце, где должна проводиться работа, а также смежные с ним колодцы должны быть обеспечены естественной или принудительной вентиляцией.

На время вентилирования в колодце, в котором предстоит вести работы, должно быть временно открыто не менее чем по одному каналу с каждой стороны. В смежных колодцах должны быть открыты те же каналы, но только в направлении колодца, в котором предстоит вести работы. Каналы желательно открывать свободные, по возможности верхние.

С окончанием вентилирования каналы в колодце, в котором предстоит вести работы, должны быть снова закрыты пробками. В смежных колодцах эти каналы могут оставаться открытыми в течение всего времени производства работ.

Каналы необходимо вскрывать соблюдая все меры предосторожности, так как в них может скопиться газ. При вскрытии каналов запрещается пользоваться открытым огнем.

Люки смежных колодцев должны быть открыты на все время производства работ. На них устанавливаются специальные решетчатые крышки. Открытые колодцы должны быть ограждены, и за ними должно быть установлено наблюдение.

Продолжительность естественной вентиляции перед началом работ составляет не менее 20 мин.

Принудительная вентиляция обеспечивается вентилятором или компрессором в течение 10–15 мин для полного обмена воздуха в подземном сооружении посредством рукава, опускаемого вниз и не достигающего дна на 0,25 м.

Не разрешается применять для вентиляции баллоны со сжатыми газами.

Колодец должен обязательно вентилироваться во время подготовки и пайки кабелей.

Для освещения подземных смотровых устройств применяются переносные электрические светильники напряжением не выше 12 В или ручные электрические (аккумуляторные) фонари. Светильники должны быть во взрывобезопасном исполнении.

Электрические переносные светильники должны подключаться через понижающие трансформаторы или непосредственно к щитку питания кабельной машины.

Понижающий трансформатор может подключаться к электросети или к передвижной электростанции.

Понижающий трансформатор или аккумулятор (в том случае, если питание переносного электрического светильника осуществляется от аккумулятора) должен находиться на поверхности земли на расстоянии не менее 1 м от края колодца.

В кабельном колодце допускается находиться и работать одному работнику, имеющему квалификационную группу III, с применением предохранительного пояса со страховочным канатом и каски. Предохранительный пояс должен иметь наплечные ремни, пересекающиеся со стороны спины, с кольцом на пересечении для крепления каната. Другой конец каната должен держать один из страхующих работников.

Работник, находящийся в колодце, должен иметь газосигнализатор, работающий в автоматическом режиме.

Спускаться в колодец можно только по надежно установленной и испытанной лестнице. Используемые металлические лестницы должны быть изготовлены из цветного металла.

Проверка и испытание лестниц проводятся в соответствии с требованиями правил безопасности при работе с инструментом и приспособлениями и действующим стандартом.

При первых признаках плохого самочувствия спустившегося в колодец работника страхующие должны немедленно помочь ему выбраться из колодца или извлечь его из колодца с помощью спасательного пояса и веревки и оказать ему первую помощь. Работу следует прекратить до устранения причин нарушения условий безопасного выполнения работ.

Периодические проверки воздуха в колодце на присутствие опасных газов и вентилирование колодцев, в которых ведутся работы, являются обязанностями страхующих: воздух должен проверяться не реже одного раза в час.

Если при аварии необходимо спуститься в колодец, в который непрерывно поступает газ, пользуются шланговым противогазом. Конец шланга следует держать в стороне от люка (не ближе 2 м) на высоте 1 м от уровня земли и повернуть его против ветра так, чтобы выходящий из колодца газ не мог попасть в отверстие шланга.

В этом случае в течение всего времени нахождения в нем работника должны дежурить не менее трех человек, в том числе лицо, ответственное за безопасное производство работ.

В колодце, куда поступает газ, пользоваться открытым огнем запрещается. Если необходимо искусственное освещение, то оно должно осуществляться от сильного источника света сверху через люк или от переносного светильника напряжением 12 В во взрывобезопасном исполнении.

В колодцах кабельной канализации кабели с дистанционным питанием и кабели проводного вещания должны быть промаркированы полоса-

ми красного цвета шириной в 20–25 см по всей окружности кабеля при входе в колодец, в середине и при выходе из колодца, а также у каждой кабельной муфты на расстоянии 15–20 см от нее. Непосредственно у кабельных муфт на кабелях, по которым передается дистанционное питание, должны быть установлены знаки, предупреждающие об опасности поражения электрическим током. В проходных колодцах, где нет кабельных муфт, знаки устанавливаются на кабелях в средней части колодца.

Все работники телефонной сети, обслуживающие канализационные сооружения, должны быть оповещены под расписку о наличии в канализационных сооружениях на их участке кабелей с дистанционным питанием.

Для проведения работ в канализационных сооружениях, где имеются кабели, по которым передается дистанционное питание, должно назначаться лицо, ответственное за безопасное проведение работ, имеющее группу по электробезопасности не ниже IV.

Если, спустившись в колодец, работник не обнаружит на кабеле, по которому передается дистанционное питание, отличительных знаков (будет отсутствовать окраска или знаки), он должен сообщить об этом лицу, ответственному за безопасное производство работ.

При выполнении работ в колодцах разжигать в них паяльные лампы, устанавливать баллоны с пропан-бутаном, разогревать составы для заливки муфт и припой не разрешается. Опускать в колодец расплавленный припой и разогретые составы для заливки муфт следует в специальном закрытом сосуде, подвешенном с помощью карабина к металлическому тросику.

При работе с паяльной лампой (газовой горелкой) расположенные вблизи кабели, по которым передается дистанционное питание, должны ограждаться щитками из огнеупорного материала.

В кабельной канализации допускается прокладывать кабели проводного вещания с напряжением не выше 240 В. При этом прокладка кабелей должна осуществляться в отдельном свободном канале, по возможности в крайнем нижнем. Кабель проводного вещания должен быть экранированным, с экраном, заземленным с двух сторон, при сопротивлении заземления не более 10 Ом.

Работы на кабелях проводного вещания напряжением 120–240 В должны проводиться после получения разрешения.

Работа в коллекторе производится по наряду-допуску.

Приступать к работе разрешается только при наличии письменного заключения ответственного лица об отсутствии в коллекторе взрывоопасных газов.

Лица, занятые на работах в коллекторе, должны иметь при себе газоанализатор для проведения анализа воздуха на загазованность во время работы (смены).

Исследование воздуха на загазованность следует производить через каждый час работы в коллекторе.

Пользоваться паяльными лампами разрешается только после того, как с помощью газоанализатора будет установлено, что взрывоопасные газы в коллекторе отсутствуют.

Разжигать паяльную лампу следует вне коллектора, в месте, указанном дежурным персоналом коллектора. Паяльная лампа должна вноситься в коллектор в паяльном ведре.

Запрещается переносить по коллектору зажженную паяльную лампу без паяльного ведра.

Все свободные кабельные каналы для ввода кабелей в коллектор, а также каналы, где проложены кабели, должны быть герметично закрыты.

Проложенные в коллекторах кабели связи, по которым передается дистанционное питание, а также фидерные кабели проводного вещания напряжением 120 В и более должны окрашиваться красной краской по всей окружности шириной по 20–25 см через каждые 100–150 м и у каждой муфты — в 15–20 см от последней. У кабельных муфт должны быть установлены знаки, предупреждающие об опасности поражения электрическим током.

При параллельной прокладке кабельных линий передачи и электрических кабелей в коллекторах кабельные линии передачи прокладывают на 15 см ниже электрических кабелей.

В коллекторах на пересечении с электрокабелями на расстоянии менее 15 см кабельные линии передачи должны быть заключены в трубы из изолирующего материала.

При прокладке в коллекторах кабельных линий передачи над теплопроводом, водопроводом и другими трубопроводами (кроме газопровода) расстояние от трубопровода до верха консоли должно быть не менее 10 см.

4.9.1. Требования к помещениям пунктов регенерационных необслуживаемых волоконно-оптических линий передачи (НРП-О)

Помещения НРП-О должны быть оборудованы заземляющими устройствами, которые удовлетворяют требованиям правил устройства электроустановок и стандартов.

Помещение крупногабаритного контейнера НРП-О, включая надземную надстройку, должно быть оборудовано системой электроосвещения с номинальным напряжением не выше 50 В, рассчитанной на питание от понижающего трансформатора.

Светильники должны быть во взрывобезопасном исполнении, выключатели освещения размещаются в надземной надстройке.

На двери помещения НРП-О должна быть нанесена надпись «Посторонним вход воспрещен». На двери надземной части контейнера НРП-О дополнительно должна быть нанесена надпись «Помещение особо опасное», а также предупредительный знак об опасности поражения электрическим током «Осторожно! Электрическое напряжение».

Перед началом работ в контейнере НРП-О необходимо провентилировать помещение НРП-О и проверить газоанализатором состояние воздушной среды. Перед открытием крышки малогабаритного контейнера НРП-О, который находится под избыточным давлением воздуха, давление должно быть снято.

Работы в контейнере НРП-О и в его надземной части производятся при открытой и зафиксированной крышке люка контейнера НРП-О или двери надземной части контейнера НРП-О.

Перед началом работ на НРП-О необходимо установить служебную связь с прилегающим ОРП-О и провести внешний осмотр защитных средств, предохранительных приспособлений и инструмента.

Выполнение работ без снятия напряжения электропитания производится с применением инструмента с изолирующими рукоятками и средств индивидуальной защиты.

В контейнере НРП-О допускается применение электроинструмента на переменное напряжение не выше 50 В.

Работа в контейнерах НРП-О во время грозы запрещается.

Выполнение работ на НРП-О после аварии (затопление, пожар и т. п.) разрешается только после полного отключения напряжения питания от оборудования.

При измерении мощности оптического излучения на выходе передающих устройств присоединение измерителя мощности к оптическому соединителю передающего устройства следует производить при отключенном оптическом излучателе.

Оптические излучатели оборудования НРП-О и средства измерений, если они не подключены к системе, должны быть закрыты заглушками.

При производстве работ на открытых волокнах и соединителях оборудование оптической системы передачи или испытательное оборудование должно быть выключено, либо находиться в состоянии передачи малой мощности, либо отсоединено. Непреднамеренное включение оборудования должно быть предотвращено. Состояние линии передачи (питание включено или выключено) должно быть четко обозначено.

4.9.2. Требования по лазерной безопасности

К лазерным изделиям относятся генераторы лазерного излучения и оптические усилители, предназначенные для генерации или усиления излучения.

Работы на оборудовании, содержащем лазерные изделия (лазерное изделие — это изделие, предназначенное для генерации или усиления излучения), должны выполняться в соответствии с требованиями действующего стандарта, санитарных норм и правил устройства и эксплуатации.

Лазерные изделия в зависимости от генерируемого излучения подразделяются на четыре класса опасности.

Класс 1. Лазерные изделия, безопасные при предполагаемых условиях эксплуатации.

Класс 2. Лазерные изделия, генерирующие видимое излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм. Защита глаз обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания.

Класс 3А. Лазерные изделия, безопасные для наблюдения незащищенным глазом. Для лазерных изделий, генерирующих излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм, защита обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания. Для других длин волн опасность для незащищенного глаза не больше чем для класса 1.

Непосредственное наблюдение пучка, испускаемого лазерными изделиями класса 3А, с помощью оптических инструментов (например, бинокль, телескоп, микроскоп) может быть опасным.

Класс 3В. Непосредственно наблюдение таких лазерных изделий всегда опасно. Видимое рассеянное излучение обычно безопасно.

Условия безопасного наблюдения диффузного отражения для лазерных изделий класса 3В в видимой области: минимальное расстояние для наблюдения между глазом и экраном — 13 см, максимальное время наблюдения — 10 с.

Класс 4. Лазерные изделия, создающие опасное рассеянное излучение. Они могут вызвать поражение кожи, а также создать опасность пожара. При их использовании следует соблюдать особую осторожность.

В применяемых на взаимоувязанных сетях связи оптических системах передачи (ОСП) класс 2 не используется, а наличие точек доступа с уровнем опасности 4 не допускается.

Класс опасности лазерных изделий определяется при их разработке и должен быть указан в технических условиях на изделия, эксплуатационной, ремонтной и другой технической и рекламной документации.

К источникам оптического излучения (источник оптического излучения — любое оптическое устройство или компонент оптической системы передачи, на выходе которого действует или может возникнуть при определенных условиях оптическое излучение) могут быть отнесены: генераторы лазерного излучения (лазеры или передающие оптические модули); оптические усилители: оптические волокна при обрыве или разъединении волоконно-оптического тракта.

Лазерное изделие должно иметь защитные устройства, предотвращающие несанкционированное воздействие на персонал лазерного излучения, превышающего допустимый предел излучения (ДПИ) для класса 1, а также защитные блокировки с целью обеспечения безопасности при техническом обслуживании и работе.

Защитные блокировки должны предусматривать отключение подачи опасного электрического напряжения к лазерному изделию или его составным частям.

Возможность генерирования лазерного излучения при случайном отключении блокировок должна быть исключена.

К работе с лазерными изделиями допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинское обследование и не имеющие медицинских противопоказаний, обученные безопасным методам работы с источниками оптического излучения и по техническому обслуживанию оптических систем передачи, прошедшие проверку знаний требований по безопасности труда, имеющие группу по электробезопасности, а также соответствующую квалификацию согласно тарифно-квалификационному справочнику.

Обслуживающий персонал должен обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, в том числе специальными защитными очками или щитками со светофильтрами.

4.10. Требования безопасности к сосудам, работающим под давлением

На промышленных предприятиях используется большое количество сосудов, работающих под давлением: воздухохранилища, подогреватели, деаэратеры, барботеры, испарители, баллоны для сжатых и сжиженных газов и др.

Сосуды, работающие под давлением, относятся к оборудованию с повышенной опасностью, поэтому их изготовление разрешено на специализированных машиностроительных заводах. Разрешение выдают органы Государственного надзора.

Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивающей безопасность при эксплуатации и доступной для осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта.

Сосуды с внутренним диаметром более 800 мм имеют лазы, необходимые для осмотра и ремонта. Лазы выполняют овальной или округлой формы. Лазы овальной формы имеют размеры по наибольшей оси не менее 400 мм, а наименьшей — не менее 325 мм. Диаметр круглых лазов в свету — не менее 400 мм. Сосуды с внутренним диаметром 800 мм и менее имеют круглые или овальные люки размером по наименьшей оси 80 мм. Крышки лазов и люков делают съемными или откидывающимися на шарнирах. Для изготовления сосудов применяют только те материалы, которые предусмотрены рабочими чертежами и расчетом на прочность. Каждый сосуд после изготовления подвергают гидравлическому испытанию. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуды снабжают приборами измерения давления и температуры среды, предохранительными клапанами, запорной арматурой, а в некоторых случаях — указателями уровня жидкости. На сосуды, работающие под давлением, разрешается установка манометров класса точности не ниже 2,5 с красной чертой по делению, соответствующему разрешенному рабочему давлению в сосуде. Количество предохранительных клапанов, их размеры и пропускная способность выбирают так, чтобы в сосуде не могло образоваться давление, превышающее рабочее более чем на 0,05 МПа для сосудов с давлением до 0,3 МПа, на 15 % — для сосудов с давлением до 6 МПа и на 10 % — для сосудов с давлением свыше 6 МПа. Содержимое сосуда, выходящее из предохранительного клапана, отводится в безопасное место. Отводящие трубы снабжают устройством для слива скопившегося в них конденсата.

Сосуды подлежат регистрации в органах надзора, за исключением тех, у которых производство вместимости на давление не превышает

1000 МПа. Если же сосуды работают под давлением едких, ядовитых и взрывоопасных сред при температуре $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше, а производство вместимости на давление равно 50 МПа и более, то такие сосуды также подлежат регистрации в органах Государственного надзора.

Не регистрируются в этих органах баллоны для транспортировки и хранения сжиженных, сжатых и растворенных газов вместимостью до 100 л.

Все сосуды, как регистрируемые, так и не регистрируемые в органах, учитываются владельцами в специальной книге учета и освидетельствования сосудов. Эта книга хранится у лица, на которого возложен надзор за сосудами на предприятии. На каждый сосуд составляют паспорт.

Разрешение на пуск в работу сосудов, регистрируемых в органах Государственного надзора, выдается инспектором местного органа. Сосуды, не регистрируемые в органах надзора, вводятся в эксплуатацию по разрешению лица, назначенного приказом по предприятию. Разрешение записывают в паспорт сосуда.

Лицо, осуществляющее на предприятии надзор за сосудами, а также лицо, ответственное за их исправное состояние и безопасное действие, назначаются приказом по предприятию из числа инженерно-технических работников, прошедших проверку знаний правил техники безопасности.

На каждый сосуд или группу одинаковых сосудов составляют инструкцию по эксплуатации, которую вывешивают на рабочих местах и выдают обслуживающему персоналу.

Ремонт сосуда и его элементов во время работы не допускается. Во время работы в установленные инструкцией сроки и в должном объеме проверяют исправность действия арматуры, контрольно-измерительных приборов и предохранительных устройств. Сосуд выводят из работы при превышении давления выше разрешенного, неисправности предохранительных клапанов, обнаружении повреждений основных элементов, неисправностей манометра и невозможности определить давление по другим приборам, снижении уровня жидкости ниже допустимого (для сосудов с огневым обогревом), неисправности указателя уровня жидкости и в других случаях, указанных в инструкции.

Работу внутри сосудов выполняют по наряду. Меры безопасности принимаются такие же, как и при работах внутри барабанов и в резервуарах.

Дополнительные требования к баллонам. Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов емкостью более 100 л должны быть

снабжены паспортом по форме, установленной для сосудов, работающих под давлением.

На баллоны более 100 л должны устанавливаться предохранительные клапаны. При групповой установке баллонов допускается установка предохранительного клапана на всю группу баллонов.

Баллоны емкостью более 100 л, устанавливаемые в качестве расходных емкостей для сжиженных газов, которые используются как топливо на автомобилях и других транспортных средствах, кроме вентиля и предохранительного клапана должны иметь указатель максимального уровня наполнения. На таких баллонах также допускается установка специального наполнительного клапана, вентиля для отбора газа в парообразном состоянии, указателя уровня сжиженного газа в баллоне и спускной пробки.

Боковые штуцера вентиля для баллонов, наполняемых водородом и другими горючими газами, должны иметь левую резьбу, а для баллонов, наполняемых кислородом и другими негорючими газами, — правую резьбу.

Каждый вентиль баллона для ядовитого и горючего газов должен быть снабжен заглушкой, навертывающейся на боковой штуцер.

Вентили баллонов с кислородом должны ввертываться на материале, не содержащем жировых веществ, на фольге или с применением жидкого натриевого стекла; они не должны иметь просаленных или промасленных деталей и прокладок.

На верхней сферической части каждого баллона должны быть отчетливо нанесены клеймением следующие данные:

- ◆ товарный знак завода-изготовителя;
- ◆ номер баллона;
- ◆ фактический вес порожнего баллона;
- ◆ дата (месяц и год) изготовления и год следующего освидетельствования;
- ◆ рабочее давление P , Па;
- ◆ емкость баллона;
- ◆ клеймо ОТК завода-изготовителя круглой формы диаметром 10 мм (за исключением стандартных баллонов емкостью свыше 55 л).

Высота знаков на баллонах должна быть не менее 6 мм, а на баллонах емкостью свыше 55 л — не менее 8 мм.

Вес баллонов, за исключением баллонов для ацетиленов, указывается с учетом веса нанесенной краски, кольца для колпака и башмака, если таковые предусмотрены конструкцией, но без веса вентиля и колпака.

Место на баллонах, где выбиты паспортные данные, должно быть покрыто бесцветным лаком и обведено отличительной краской в виде рамки.

На баллонах емкостью до 5 л или с толщиной стенки менее 5 мм паспортные данные могут быть выбиты на пластине, припаянной к баллону, либо нанесены эмалевой или масляной краской.

Наружная поверхность баллона должна быть окрашена согласно данным табл. 4.9.

Таблица 4.9. Цвета окраски баллонов

Наименование газа	Окраска баллона	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	—
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон технический	Черная	Аргон	Синий	Синий
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	—
Бутилен	Красная	Бутилен	Желтый	Черный
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз	Красный	—
Бутан	Красная	Бутан	Белый	—
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	—
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	—
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	—
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный	—
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	—
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	—
		Медицинский		
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	—
Фосген	Защитная	—	—	Красный
Фреон 11	Алюминиевая	Фреон 11	Черный	Синий
Фреон 12	Алюминиевая	Фреон 12	Черный	—
Фреон 13	Алюминиевая	Фреон 13	Черный	2 красные
Фреон 23	Алюминиевая	Фреон 23	Черный	2 желтые
Хлор	Защитная	—	—	Зеленый
Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан	Черный	—
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	—
Все другие	Красная	Наименование	Белый	—
Все другие негорючие газы	Черная	Наименование	Желтый	—

Надписи на баллонах наносят по окружности на длину не менее $1/3$ окружности, а полосы — по всей окружности, причем высота букв на баллонах емкостью более 12 л должна быть 60 мм, а ширина полосы — 25 мм. Размеры надписей и полос на баллонах емкостью до 12 л определяются в зависимости от величины боковой поверхности баллона.

Цвет окраски и текст надписей на баллонах, используемых в специальных установках или предназначенных для наполнения газами специального назначения, устанавливаются заинтересованными ведомствами по согласованию с компетентными органами.

Окраска баллонов и надписи на них могут производиться масляными, эмалевыми или нитрокрасками (табл. 4.12). Баллоны, находящиеся в эксплуатации, подлежат периодическому освидетельствованию не реже чем через пять лет. Баллоны, которые предназначены для наполнения газами, вызывающими коррозию (хлор, хлористый метил, фосген, сероводород, сернистый ангидрид, хлористый водород и др.), а также баллоны для сжатых и сжиженных газов, применяемых в качестве топлива для автомобилей и других транспортных средств, подлежат периодическому освидетельствованию не реже чем через два года.

Установленные стационарно, а также установленные постоянно на передвижных средствах баллоны и баллоны-сосуды, в которых хранятся сжатый воздух, кислород, аргон, азот и гелий с температурой точки росы -35°C и ниже, замеренной при давлении $15 \cdot 10^6$ Па и выше, а также баллоны с обезвоженной углекислотой подлежат техническому освидетельствованию не реже чем через 10 лет.

Баллоны и баллоны-сосуды с некоррозийной средой, постоянно находящиеся не под давлением, но периодически опорожняемые под давлением свыше $7 \cdot 10^6$ Па, подлежат техническому освидетельствованию не реже одного раза в 10 лет.

Периодическое освидетельствование баллонов производится на заводах-изготовителях или на наполнительных станциях (испытательных пунктах) работниками этих заводов (наполнительных станций).

Освидетельствование баллонов, за исключением баллонов для ацетилена, включает:

- ◆ осмотр внутренней и наружной поверхностей баллонов;
- ◆ проверку веса и емкости;
- ◆ гидравлическое испытание.

Проверка веса и емкости бесшовных баллонов емкостью 12 л включительно и свыше 55 л, а также сварных баллонов независимо от емкости не производится.

Осмотр баллонов производится с целью выявления на их стенках коррозии, трещин, вмятин и других повреждений (для установления пригодности баллонов к дальнейшей эксплуатации). Перед осмотром баллоны должны быть тщательно очищены и промыты водой, а в необходимых случаях — соответствующими растворителями или дегазированы.

Баллоны, на которых при осмотре наружной и внутренней поверхности выявлены трещины, вмятины, отдушины, раковины и риски глубиной более 10 % от номинальной толщины стенки, надрывы и выщерблены, износ резьбы горловины, а также отсутствуют некоторые паспортные данные, должны быть выбракованы.

После удовлетворительных результатов освидетельствования на каждом баллоне наносятся следующие клейма:

- ◆ клеймо завода-изготовителя, на котором произведено освидетельствование баллона (круглой формы диаметром 12 мм);
- ◆ дата произведенного и следующего освидетельствования (в одной строке с клеймом завода-наполнителя).

Результаты освидетельствования баллонов для ацетилена записываются лицом, освидетельствовавшим баллоны, в журнал испытания.

Освидетельствование баллонов для ацетилена должно производиться на заводе-наполнителе ацетиленом не реже чем через пять лет. Забракованные баллоны независимо от их назначения должны быть приведены в негодность (путем нанесения насечек на резьбе горловины или просверливания отверстий на корпусе), исключающую возможность их дальнейшего использования.

Освидетельствование баллонов производится в отдельных специально оборудованных помещениях. Температура воздуха в этих помещениях должна быть не ниже +12 °С.

При наступлении очередных сроков периодическое освидетельствование наполненных газом баллонов, находящихся на длительном складском хранении, проводится представителем администрации в выборочном порядке.

При удовлетворительных результатах освидетельствования срок хранения баллонов устанавливается лицом, производившим освидетельствование, но не более чем два года.

Запрещается наполнять газом баллоны, у которых:

- ◆ истек срок периодического освидетельствования;
- ◆ отсутствуют установленные клейма;
- ◆ неисправные вентили;

- ◆ поврежденный корпус (трещины, сильная коррозия, заметное изменение формы);

- ◆ окраска и надписи не соответствуют правилам.

Ремонт баллонов (пересадка башмаков и колец для колпаков) и вентиляций должен производиться на заводах-наполнителях. По разрешению местных органов Госпроматомнадзора ремонт баллонов и вентиляций может быть допущен в специальных мастерских.

Баллоны для сжатых газов, принимаемые заводами-наполнителями от потребителей, должны иметь остаточное давление не менее $5 \cdot 10^6$ Па, а баллоны для растворенного ацетилен — не менее $5 \cdot 10^6$ и не более $10 \cdot 10^6$ Па.

Выпуск газов из баллонов в емкости с меньшим давлением производится через редуктор, предназначенный исключительно для данного газа и окрашенный в соответствующий цвет.

Камера низкого давления редуктора должна иметь манометр и пружинный предохранительный клапан, отрегулированный на соответствующее разрешенное давление в емкости, в которую перепускают газ.

Баллоны с газом, устанавливаемые в помещениях, следует размещать от радиаторов отопления и других отопительных приборов и печей на расстоянии не менее 1 м, а от источников тепла с открытым огнем — не менее 5 м.

В сварочной мастерской при наличии не более 10 сварочных постов допускается для каждого поста иметь по одному запасному баллону с кислородом и ацетиленом. Запасные баллоны должны быть либо ограждены стальными щитами, либо храниться в специальных пристройках к мастерской. При наличии в мастерской более 10 сварочных постов должно быть устроено централизованное снабжение газами.

Баллоны со сжатым или сжиженным газами, установленные в качестве расходных емкостей на автомобилях и других транспортных средствах, прочно укрепляются и герметично присоединяются к отводящим трубопроводам. Перестановка и замена баллонов, не снимаемых для наполнения, без разрешения лица, ответственного за эксплуатацию вышеуказанных транспортных средств, запрещается.

Баллоны с ядовитыми газами хранятся в специальных закрытых помещениях. Баллоны со всеми другими газами могут храниться как в специальных помещениях, так и на открытом воздухе. В последнем случае они должны быть защищены от атмосферных осадков и солнечных лучей.

Складирование в одном помещении баллонов с кислородом и горючими газами запрещается.

Наполненные баллоны с насаженными на них башмаками должны храниться в вертикальном положении. Для предохранения от падения баллоны следует устанавливать в специально оборудованные гнезда, клетки или ограждать их барьером.

Баллоны, которые не имеют башмаков, могут храниться в горизонтальном положении на деревянных рамах или стеллажах. При хранении на открытых площадках разрешается укладывать баллоны с башмаками в штабеля с прокладками из веревки, деревянных брусьев или резины между горизонтальными рядами.

При укладке баллонов в штабеля высота последних не должна превышать 1,5 м. Вентили баллонов должны быть обращены в одну сторону.

Склады для хранения баллонов, наполненных газами, должны быть одноэтажными, с покрытиями легкого типа и не иметь чердачных помещений. Стены, перегородки, покрытия складов для хранения газов изготавливаются из негорючих материалов не ниже II степени огнестойкости; окна и двери должны открываться наружу. Оконные и дверные стекла матовые или окрашены белой краской. Высота складских помещений для баллонов составляет не менее 3,25 м от пола до нижних выступающих частей кровельного покрытия.

Полы складов должны быть ровными с нескользкой поверхностью из материалов, исключающих искрообразование при ударе с ними каких-либо предметов.

В складских помещениях должны быть вывешены инструкции, правила и плакаты по обращению с баллонами, находящимися на складе.

Склады для баллонов, наполненных газом, должны иметь естественную или искусственную вентиляцию в соответствии с требованиями санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Склады для баллонов с взрыво- и пожароопасными газами должны находиться в зоне молниезащиты.

Складские помещения для хранения баллонов должны быть разделены негорючими стенами на отсеки, в каждом из которых допускается хранение не более 500 баллонов (40 л) с горючими или ядовитыми газами, не более 1000 баллонов (40 л) с негорючими и неядовитыми газами.

Отсеки для хранения баллонов с негорючими и неядовитыми газами могут быть отделены негорючими перегородками высотой не менее 2,5 м с открытыми проемами для прохода людей и проемами для средств механизации. Каждый отсек должен иметь самостоятельный выход наружу.

Перемещение баллонов в пунктах наполнения и потребления газов производится на специально приспособленных для этого тележках или с помощью других устройств.

Перевозка наполненных газом баллонов производится на рессорном транспорте или автокарах в горизонтальном положении обязательно с прокладками между баллонами. В качестве прокладок могут применяться деревянные бруски с вырезанными гнездами для баллонов, а также веревочные или резиновые кольца толщиной не менее 25 мм (по два кольца на баллон) или другие прокладки, предохраняющие баллоны от ударов друг о друга. Все баллоны во время перевозки укладываются вентилями в одну сторону. Разрешается перевозка баллонов в специальных контейнерах, а также без контейнеров в вертикальном положении обязательно с прокладками между ними и ограждением от возможного падения.

При погрузке, разгрузке, транспортировке и хранении баллонов должны приниматься меры, предохраняющие баллоны от падения, повреждения и загрязнения.

Транспортировка и хранение стандартных баллонов емкостью более 12 л производятся с накрученными колпаками. Хранение наполненных баллонов на заводе-наполнителе до выдачи их потребителям допускается без предохранительных клапанов.

При транспортировке и хранении баллонов с ядовитыми и горючими газами на боковых штуцерах вентилях баллонов необходимо поставить заглушки. Баллоны, наполненные газами, при перевозке должны быть защищены от действия солнечных лучей. Перевозка баллонов железнодорожным, водным и воздушным транспортом производится согласно правилам соответствующих министерств.

4.11. Требования безопасности при эксплуатации подъемно-транспортных средств

В последнее время в различных отраслях народного хозяйства широко используется подъемно-транспортная техника: мостовые и козловые краны, автопогрузчики, средства малой механизации (конвейеры, лебедки, мототележки, блоки и др.).

Рабочая группа грузоподъемных устройств и транспортного оборудования часто является опасной зоной не только для обслуживающего персонала, но и для посторонних лиц. Опасности, которым в таких условиях могут подвергаться люди, связаны в основном с непреднамеренным контактом с движущимися частями оборудования и возмож-

ным ударом от падающих предметов при обрыве поднимаемого груза, высыпании его части, а также с падением самого оборудования, наездами и столкновениями.

Так как все эти опасности связаны с внешней зоной действия оборудования и машин, то и опасная зона становится подвижной, зависящей от выполнения данной технологической операции. В связи с этим для обеспечения безопасности работ необходимо определить опасную зону и установить принципы ее возникновения для характерных случаев манипулирования.

Основополагающим принципом определения опасной зоны является досягаемость подвижных выступающих либо двигающихся частей машин и оборудования в нормальном режиме работы и в случае падения или разрушения их, а также при падении поднимаемых или переносимых (перевозимых) грузов. На рис. 4.15 показан пример определения опасной зоны для грузоподъемного механизма.

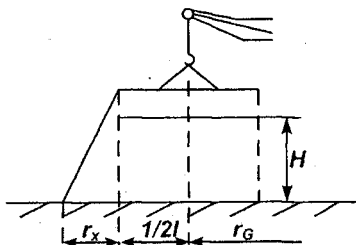


Рис. 4.15. Схема к определению опасной зоны у грузоподъемного механизма

Администрация предприятий обязана устанавливать постоянный надзор за состоянием грузоподъемных устройств, канатов, цепей, сменных грузозахватных органов (крюков, грузоподъемных электромагнитов и др.), съемных грузозахватных приспособлений (стропов, клещей, траверс и др.), уходом за ними и безопасностью эксплуатации. Правилами безопасности предусматривается проведение регламентированных испытаний грузоподъемных машин, представляющих с точки зрения охраны труда наибольшую опасность среди всех подъемных транспортных машин.

Вновь установленные грузоподъемные машины до пуска в работу подлежат полному техническому освидетельствованию. Грузоподъемные машины, находящиеся в работе, должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию: частичному — не реже одного раза в год; полному — не реже одного раза в три года, за исклю-

чением редко используемых. Возможно внеочередное полное техническое освидетельствование грузоподъемной машины (после монтажа на новом месте, реконструкции, смены крюка, ремонта металлических конструкций грузоподъемной машины с заменой расчетных элементов и т. д.). При полном техническом освидетельствовании грузоподъемная машина должна подвергаться осмотру, статическому и динамическому испытанию. При частичном техническом освидетельствовании статические и динамические испытания не проводятся.

Осмотр сопровождается проверкой работы механизмов и электрооборудования, тормозов и аппаратуры управления, освещения и сигнализации, приборов безопасности и регламентируемых габаритов.

Цель статических испытаний — проверка прочности металлических конструкций грузоподъемных машин и устойчивости против опрокидывания (для стреловых кранов). Статические испытания кранов производят нагрузкой, на 25 % превышающей его грузоподъемность. Кран устанавливают над опорами крановых путей, а его тележку (тележки) — в положение, отвечающее наибольшему прогибу. На стреловом кране стрела устанавливается относительно ходовой платформы в положение, соответствующее наименьшей устойчивости крана. Крюком или заменяющим его устройством захватывается груз и поднимается на высоту 200–300 мм (при стреловом кране — 100–200 мм) с последующей выдержкой в таком положении в течение 10 мин. По истечении 10 мин груз опускают и проверяют наличие или отсутствие остаточной деформации моста крана (при стреловых кранах груз не должен опуститься на землю, не должны появиться трещины, деформации и т. п.).

Динамическое испытание грузоподъемных машин производится грузом, на 10 % превышающим грузоподъемность машины, и имеет целью проверку действия механизмов грузоподъемной машины и их тормозов. Допускается динамическое испытание осуществлять рабочим грузом. При динамическом испытании производят повторный подъем и опускание груза.

При техническом освидетельствовании стальные канаты (тросы) бракуют по числу обрывов проволок на длине одного шага свивки каната. При этом учитываются их конструкция, степень износа и коррозии, назначение, соотношение диаметра блока, огибаемого канатом, к диаметру последнего. При обнаружении оборванной пряди канат к эксплуатации не допускают.

Все канаты и цепи, применяемые на подъемно-транспортных машинах, проверяют по формуле

$$P/N \geq K,$$

где K — коэффициент запаса прочности; P — разрывное усилие; N — натяжение каната или цепи. При расчете стропов, предназначенных для подъема грузов с обвязкой или зацепкой крюками, кольцами или серьгами, коэффициент запаса прочности канатов должен приниматься не менее 6.

Если натяжение стропов из стальных канатов или цепей не должно превышать известной величины, то максимально допустимую массу груза можно рассчитать по формуле

$$G_{\max} \geq KN/C.$$

Значение коэффициента K определяют по углу α между канатом и грузом (рис. 4.16): α $0^\circ \dots 30^\circ \dots 45^\circ$, K $1 \dots 1,15 \dots 1,42$.

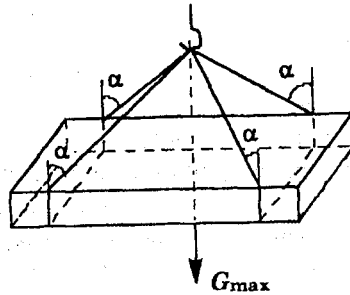


Рис. 4.16 Схема натяжения строповочных канатов

Грузозахватные приспособления и тару до пуска в работу подвергают осмотру, причем первые, кроме того, испытываются нагрузкой, превышающей на 25 % их номинальную грузоподъемность. Испытанные вспомогательные грузозахватные приспособления снабжают бирками и клеймами, без которых их не допускают к использованию.

Большое значение для безопасности работы подъемно-транспортных машин имеет выполнение основных требований при проведении такелажных работ: при квантовании груза необходимо использовать специальные устройства — рым-болты, проушины; центр тяжести поднимаемого груза должен находиться в середине между захватами стропа; строповочные канаты необходимо располагать на поднимаемом грузе равномерно, без узлов и перекруток; строповочный трос следует отделять от острых кромок и ребер груза прокладками (доски, резина и т. п.); сплетение грузовых канатов не допускается; при проведении такелажных работ должна применяться оперативная сигнализация.

Для обеспечения безопасности эксплуатации подъемно-транспортных машин применяют: концевые выключатели механизмов; автоматически отключающиеся механизмы подъема крюка или механизмы передвижения крана при подходе к крайним положениям; концевые упоры для предотвращения перехода перемещаемых подъемных механизмов; упоры для предотвращения перехода перемещаемых подъемных механизмов за рельсовые пути, ограничители грузоподъемности, предохраняющие кран от перегрузки путем выключения механизма подъема; устройства, предотвращающие соскальзывание канатов с крюка; буферные устройства, амортизирующие толчки при столкновении с соседними кранами и другими объектами; звуковую и световую сигнализацию, предупреждающую о наступлении опасного момента при работе крана; блокировочные приспособления для автоматического отключения неогражденных троллейных проводов при выходе человека с площадки, лестницы, галереи, с которых возможно случайное прикосновение к троллейным проводам; тормозные и удерживающие устройства (ловители).

Достигаемость падающей детали будет зависеть от высоты подъема H , причем отклонение от проекции груза на горизонтальную плоскость r будет равным и одинаково вероятно в любую из четырех сторон (кроме случаев резкого ускорения при переносе груза). В плане зона досягаемости чаще всего представляет окружность, но при необходимости ограничения размеров опасной зоны она может отличаться от окружности, так как будет либо увеличиваться, либо уменьшаться в зависимости от принятой на данном участке переноса груза высоты его подъема. Расстояние возможного отлета груза для определения границы опасной зоны можно подсчитать, используя зависимость от высоты его подъема. Наиболее простое решение состоит в том, что обычно r принимают равным одной трети H , т. е.

$$r = 0,3H.$$

Тогда радиус опасной зоны R может быть подсчитан по формуле

$$R = r + 0,5l + 0,3H,$$

где r — вылет стрелы канала или крюка на стреле крана (отсчитывается от оси поворота башни), причем r может быть равно нулю при работе с кран-балкой или талью; l — наибольший размер груза по горизонтальной составляющей (при подъеме длинномерных предметов по вертикали их отлет связан с падением во всю длину); H — высота

подъема груза (при предварительных расчетах максимальная высота подъема груза).

Безопасность труда при подъеме и перемещении грузов в значительной степени зависит от конструктивных особенностей подъемно-транспортных машин и соответствия их правилам и нормам. При их эксплуатации следует ограждать все доступные движущиеся или вращающиеся части механизмов, исключать непредусмотренный контакт работающих с перемещаемыми грузами и самими механизмами при их передвижении, а также обеспечить надежную прочность механизмов, вспомогательных, грузозахватных и строповочных приспособлений.

Для обеспечения безопасной эксплуатации подъемно-транспортных машин их снабжают средствами защиты, включая системы дистанционного управления. Для дистанционного управления подъемно-транспортными машинами применяют электрические следящие системы (при стационарном пульте управления) и радиопередающие устройства.

Концевые выключатели механизма передвижения устанавливают таким образом, чтобы отключение привода проходило на расстоянии до упора, равном не менее половины пути торможения механизма. При установке ограничителей хода на механизме передвижения для предупреждения столкновения двух кранов, работающих на однорельсовом пути, это расстояние может быть уменьшено вдвое. Концевые ограничители используются в конструкциях мостовых электрических кранов, а также на телях и электролебедках. Во избежание соскакивания груза с крюка (при его ослаблении) рекомендуется применять крюки, имеющие предохранительные скобы.

Для учета воздействия ветровых нагрузок подъемно-транспортные машины снабжают автоматическими приборами ветровой сигнализации и защиты от ветровых нагрузок.

Глава 5

ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Социально-экономическое значение пожарной безопасности. Основные причины пожаров

Пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб и в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей.

В Республике Беларусь в среднем ежегодно возникает около 10 тыс. пожаров и аварий, погибает примерно 550–600 человек и более 16 тыс. получает травмы.

Большинство современных промышленных предприятий характеризуется повышенной пожарной опасностью, так как на них используется значительное количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, сжиженных горючих, газов, твердых горючих материалов, большое количество емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением, разветвленная сеть трубопроводов, большая оснащенность производства электроустановками и др. Учащению пожаров в общественных зданиях и сооружениях, а также в жилых помещениях способствует широкое использование в быту электроэнергии, радиоэлектроники и телевидения.

Основными причинами пожаров являются:

- ◆ халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов, разогрев деталей открытым огнем и т. п.);
- ◆ неисправность отопительных и вентиляционных систем (котельных, отопительных приборов, печей и др.);
- ◆ неисправность производственного оборудования и нарушение технологических процессов (выделение горючих газов, паров, пыли);
- ◆ самовоспламенение или самовозгорание некоторых веществ и материалов при нарушении правил их хранения и использования;
- ◆ различные причины электрического характера: искрение в электрических аппаратах, машинах; токи коротких замыканий и значи-

тельные перегрузки проводов и обмоток электрических устройств, вызывающих их нагрев до высокой температуры; плохие контакты в местах соединения проводов, приводящие к увеличению переходного сопротивления, на котором выделяется большое количество тепла; электрическая дуга, возникающая во время дуговой электрической сварки или в результате ошибочных операций в электроустановках; электростатические разряды, удары молнии и т. п.

5.2. Теоретические основы горения. Опасные факторы пожара

Горением называется сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, сопровождающийся выделением тепла и излучением света.

Окислителем в процессах горения обычно является газообразный кислород, находящийся в воздухе, но горение может быть и в среде хлора, брома, озона и других окислителей.

Для возникновения процесса горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя и источника горения. Горючее вещество и окислитель составляют горючую систему, а источник горения вызывает в ней реакцию окисления (горения). При этом источник горения должен обладать определенным запасом тепла и иметь достаточную для начала реакции температуру.

Горючие системы могут быть однородными и неоднородными. К химически однородным относятся системы, в которых горючее вещество и воздух перемешаны. Горение таких газо-, паро- или пылевоздушных систем называется кинетическим. К химически неоднородным относятся системы, в которых горючее вещество и воздух не перемешаны и имеют поверхность раздела. При горении химически неоднородных горючих систем кислород воздуха непрерывно диффундирует сквозь продукты горения к горючему веществу. В месте химического взаимодействия участвующих в реакции веществ образуется зона горения — пламя, в которой прореагировавшие вещества нагреваются до температуры горения и за счет своего тепла воспламеняют следующие порции еще не прореагировавших веществ, поступающих в зону горения за счет диффузии. Этот вид горения определяется явлениями диффузии и теплопроводности и поэтому называется диффузионным.

Возникновение горения, как уже отмечалось, чаще всего связано с нагреванием горючей системы источником воспламенения. При этом

энергия молекул горючего вещества и кислорода увеличивается и при достижении определенного значения молекулы горючего вещества вступают в соединение с кислородом.

Процесс возникновения горения может начаться со следующих видов реакции:

- ◆ вспышка — быстрое окисление горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов;
- ◆ возгорание — возникновение горения под воздействием источника зажигания;
- ◆ воспламенение — возгорание, сопровождающееся появлением пламени;
- ◆ самовозгорание — процесс загорания горючего вещества в результате резкого увеличения скорости экзотермических реакций от воздействия тепловых процессов окисления или жизнедеятельности микроорганизмов. Этот процесс возможен лишь при тепловыделении, превышающем теплоотдачу в окружающую среду. Самовозгоранию при атмосферном давлении и температуре подвержены большей частью вещества органического происхождения (торф, опилки, промышленная ветошь и др.). Эти материалы обладают большой пористостью и, следовательно, имеют большую поверхность окисления. При неправильной организации хранения таких материалов (в плохо вентилируемых помещениях, штабелях или просто навалом) создаются условия, при которых происходит саморазогрев и самовозгорание этих веществ;
- ◆ самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени, называется самовоспламенением;
- ◆ взрыв — чрезвычайно быстрое химическое превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Таким образом, возникновение горения веществ и материалов при тепловых воздействиях с температурой выше температуры воспламенения характеризуется как возгорание, а возникновение горения при температурах ниже температуры самовоспламенения относится к процессу самовозгорания.

Неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее обществу материальный и социальный ущерб, принято называть *пожаром*.

Пожар характеризуется рядом опасных факторов, основными из которых являются: повышенная температура воздуха и предметов; открытый огонь и искры; токсичные продукты горения, взрывы; повреждения и разрушения зданий и сооружений.

5.3. Взрыво- и пожароопасные свойства веществ

Взрыво- и пожароопасные свойства веществ зависят от их агрегатного состояния (газообразные, жидкие, твердые), физико-химических свойств, условий хранения и применения.

Газы. Основными показателями, характеризующими пожарную опасность горючих газов, являются концентрационные пределы воспламенения, энергия зажигания, температура горения, нормальная скорость распространения пламени и др.

Горение смеси газа с воздухом возможно в определенных пределах, называемых *концентрационными пределами воспламенения*. Минимальные и максимальные концентрации горючих газов в воздухе, способные воспламениться, называются соответственно нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения.

Энергия зажигания определяется минимальной энергией искры электрического разряда, воспламеняющей данную газоздушную смесь. Величина энергии зажигания зависит от природы газа и его концентрации. Наименьшее значение энергии зажигания газоздушных смесей составляет десятые доли МДж. Энергия зажигания является одной из основных характеристик взрывоопасных сред при решении вопросов обеспечения взрывобезопасности электрооборудования и разработке мероприятий по предупреждению образования статического электричества.

Температура горения — это температура продуктов химической реакции при горении смеси без тепловых потерь. Она зависит от природы горючего газа и концентрации его в смеси. Наибольшая температура горения для большинства газов составляет +1600...+2000 °С.

Нормальной скоростью распространения пламени называется скорость, с которой движется граничная поверхность между сгоревшей и несгоревшей частями смеси относительно несгоревшей. Численно нормальная скорость распространения пламени равна количеству (объему) горючей смеси $V_{г.с.}$, выгорающей на единице площади пламени $S_{пл}$ в единицу времени t :

$$W_{р.пл} = \frac{V_{г.с.}}{S_{пл} \cdot t}$$

Нормальная скорость распространения пламени зависит от природы газа и концентрации его в смеси. Для большинства горючих газов нормальная скорость пламени находится в пределах 0,3–0,8 м/с.

Нормальная скорость пламени является одной из важнейших физико-химических характеристик, определяющих свойства горючей смеси, скорость сгорания и соответственно время взрыва. Чем больше нормальная скорость пламени, тем меньше время взрыва и тем более жесткие его параметры.

Жидкости. Горение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей происходит только в паровой фазе. Скорость испарения и количество паров над жидкостью зависят от природы жидкости и ее температуры. При определенной температуре и давлении над жидкостью может образоваться определенное количество пара. Этот пар называется насыщенным. В состоянии насыщения число испаряющихся молекул равно числу конденсирующихся и концентрация пара остается постоянной.

Горение паров в воздухе, как и газов, возможно в определенном диапазоне концентраций. Так как максимально возможное содержание пара в воздухе не может быть больше, чем в состоянии насыщения, то концентрационные пределы воспламенения могут быть выражены через температуру. Значения температуры жидкости, при которых концентрация насыщенных паров в воздухе над жидкостью равна концентрационным пределам воспламенения, называются температурными пределами воспламенения (нижним и верхним соответственно).

Таким образом, для воспламенения и горения жидкостей необходимо, чтобы жидкость была нагрета до температуры, не меньшей, чем нижний температурный предел воспламенения. После воспламенения скорость испарения должна быть достаточной для поддержания постоянного горения. Эти особенности горения жидкостей характеризуются температурой вспышки и температурой воспламенения.

Температурой вспышки называется наименьшее значение температуры жидкости, при которой над ее поверхностью образуется паровоздушная смесь, способная вспыхивать от постороннего источника зажигания. При этом устойчивого горения жидкости не возникает.

По температуре вспышки жидкости делятся на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ), температура вспышки которых не превышает $+45^{\circ}\text{C}$ (спирты, ацетон, бензин и др.), и горючие (ГЖ), температура вспышки которых более $+45^{\circ}\text{C}$ (масла, мазуты, глицерин и др.).

Температурой воспламенения жидкости называется наименьшее значение температуры жидкости, при которой интенсивность испарения ее такова, что после зажигания внешним источником возникает самостоятельное пламенное горение. Для ЛВЖ температура воспламенения обычно на $1-5^{\circ}\text{C}$ выше температуры вспышки, а для ГЖ эта разница может достигать $30-35^{\circ}\text{C}$.

Паровоздушные смеси, как и газовоздушные, являются взрывоопасными. Их взрывоопасность характеризуется параметрами, определяющими взрывоопасность газовоздушных смесей, — энергией зажигания, температурой горения, нормальной скоростью распространения пламени и др.

Твердые вещества. Пожарная опасность твердых горючих веществ и материалов характеризуется: теплотворной способностью 1 кг вещества, температурой горения, самовоспламенения и воспламенения, скоростью выгорания и скоростью распространения горения по поверхности материалов.

Пыли. Пожаро- и взрывоопасные свойства пылей определяются концентрациями пылевоздушной смеси, наличия источника зажигания с достаточной тепловой энергией, размера пылинок и др.

Мелкие частицы твердых горючих веществ размером 10^{-5} – 10^{-7} см могут долгое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, образуя дисперсную систему — аэрозоль. Для воспламенения аэрозоли необходимо, чтобы концентрация пыли в воздухе была не менее нижнего концентрационного предела воспламенения. Верхний концентрационный предел воспламенения пылевоздушной смеси в большинстве случаев является очень высоким и трудно достижимым (для торфяной пыли — 2200 г/м^3 , сахарной пудры — $13\,500 \text{ г/м}^3$).

Тепловая энергия источника зажигания для воспламенения пылевоздушной смеси должна быть порядка нескольких МДж и более.

В зависимости от значения нижнего концентрационного предела воспламенения пыли подразделяются на *взрывоопасные* и *пожароопасные*. К взрывоопасным относятся пыли с нижним концентрационным пределом воспламенения до 65 г/м^3 (пыль серы, сахара, муки), а к пожароопасным — пыли с нижним пределом воспламенения выше 65 г/м^3 (табачная и древесная пыль).

Пожарную опасность веществ и материалов характеризуют и такие свойства, как склонность некоторых веществ и материалов к электризации и самовозгоранию при соприкосновении с воздухом (фосфор, сернистые металлы и др.), водой (натрий, калий, карбид кальция и др.) и друг с другом (метан + хлор, азотная кислота + древесные опилки и др.).

Пожарная опасность негорючих веществ и материалов определяется температурой, при которой они обрабатываются, возможностью выделения искр, пламени, лучистого тепла, а также потерей несущей способности к разрушениям.

5.4. Категории производств по взрыво- и пожароопасности

Взрыво- и пожароопасность производств определяется технологиями, в которых используются или могут образовываться вещества, материалы или смеси с определенными взрыво- и пожароопасными свойствами. Более высокую опасность представляют технологии, в которых используются вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси с воздухом (горючие газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, пылевидные горючие материалы и др.).

Производства в зависимости от применения или хранения на них материалов и веществ по взрыво- и пожароопасности подразделяются на пять категорий: А, Б, В, Г и Д.

К *категории А* относятся взрывоопасные производства, в которых применяются горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более $+28^{\circ}\text{C}$ в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа, а также вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, при котором избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

К *категории Б* относятся взрывоопасные производства, в которых применяются горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более $+28^{\circ}\text{C}$ в таком количестве, что могут образовываться взрывоопасные пыле- и паровоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа.

К *категории В* относятся пожароопасные производства, в которых используются горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, в том числе пыли и волокна, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются, не относятся к категории А и Б.

К *категории Г* относятся производства, в которых используются негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, обработка которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относятся производства, в которых используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Категорирование производств по пожаро- и взрывоопасности имеет исключительно важное значение, так как в значительной степени позволяет определить требования к зданию, его конструкции и планировке, организацию пожарной охраны и ее техническую оснащенность, требования к режиму и эксплуатации.

5.5. Принципы, способы и средства обеспечения пожарной безопасности

5.5.1. Определение пожарной опасности объекта

Пожарная безопасность определяется как состояние объекта, при котором максимально исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Таким образом, пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий, предотвращающих возникновение пожара, и системой пожарной защиты, обеспечивающей успешную борьбу с возникшим пожаром или последствиями взрыва.

Предотвращение пожара достигается комплексом профилактических мер, исключающих образование горючей среды, источников зажигания, поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой до горючести и давления в горючей среде ниже максимально допустимого до горючести и др.

Предотвращение образования горючей среды обеспечивается регламентацией допустимых концентраций горючих газов, паров и взвесей в воздухе, а также кислорода или других окислителей.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания достигается соответствующим исполнением, применением и режимом эксплуатации машин и механизмов, материалов и изделий, которые могут явиться источником зажигания горючей среды, применением соответствующего электрооборудования и технологического процесса, устройством молниезащиты зданий и сооружений, регламентацией допустимой температуры нагрева поверхностей оборудования, допустимой энергией искрового разряда, ликвидацией условий для теплового, химического и микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий.

К профилактическим мерам также относятся: применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов; ограничение количества горю-

чих веществ; предотвращение распространения пожара за пределы очага; применение конструкций объектов с регламентированными пределами огнестойкости и горючести; создание условий для эвакуации людей; применение средств защиты людей и системы противодымной защиты; применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре; организация пожарной охраны объекта и др.

Ограничение количества горючих веществ достигается регламентацией их количества (массы, объема), наличием аварийного слива, периодической очисткой помещений, коммуникаций и аппаратуры от горючих отходов, регламентацией рабочих мест, на которых используются пожароопасные вещества, и др.

Изоляция горючей среды обеспечивается максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, применением для пожароопасных веществ герметизированного оборудования и тары.

Предотвращение распространения пожара обеспечивается устройством противопожарных преград (стен, зон, поясов, защитных полос, занавесов и т. п.), применением средств, предотвращающих или ограничивающих разливание и растекание жидкостей при пожаре, и др.

Профилактические меры по предотвращению пожаров условно можно разделить на организационные, эксплуатационные, технические и режимные.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают в себя:

организацию обеспечения персонала и граждан правилами пожарной безопасности;

разработку норм и правил по пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, поведении людей при возникновении пожара и др.

Эксплуатационные мероприятия предусматривают соответствующую эксплуатацию оборудования, содержание зданий и территорий.

Технические меры заключаются в соблюдении противопожарных норм при сооружении зданий, устройстве отопления и вентиляции, выборе и монтаже оборудования, устройстве грозозащиты и защиты от статического электричества.

Режимные мероприятия направлены на ограничение или запрещение разведения огня, производства электро- и газосварочных работ, а также курение в неустановленных местах и др.

5.5.2. Противопожарные мероприятия в системах отопления, вентиляции, освещения и в электроустановках

Наиболее безопасными в пожарном отношении являются центральные системы отопления и воздушное калориферное отопление. Дымовые трубы котельных и другие дымоходы, из которых могут вытекать искры, оборудуются искроуловителями.

Защита от распространения пламени в вентиляционных установках достигается с помощью огнепреградителей, быстродействующих заслонки, отсекающих и др. Действие огнепреградителей основано на том, что струя горючей смеси разбивается на большое число струек с таким малым диаметром, при котором пламя взрыва распространяться не может.

Для обеспечения взрывопожарной безопасности во взрывоопасных средах (взрывоопасных помещениях и около взрывоопасных наружных установок) применяется только *взрывозащищенное электрооборудование*.

Взрывозащищенное электрооборудование делится на взрывонепроницаемое, повышенной надежности против взрыва, маслonaполненное, продуваемое, искробезопасное, специальное и др.

Во *взрывонепроницаемом электрооборудовании* его оболочки могут выдерживать наибольшее давление взрыва при попадании внутрь горючих газов, паров и пыли, а также не допускает передачи взрыва во внешнюю среду.

В *оборудовании повышенной надежности против взрыва* исключается возможность искрения, возникновения электрической дуги и опасных температур нагрева.

В *маслonaполненном оборудовании* искрящиеся и неискрящиеся части погружаются в масло таким образом, чтобы не было соприкосновения этих частей со взрывоопасной средой.

Продуваемое под избыточным давлением *электрооборудование* помещается в плотно закрытую оболочку, продуваемую чистым воздухом, что исключает его соприкосновение со взрывоопасной средой.

В *специальном оборудовании* используются такие принципы, как применение избыточного давления воздуха или инертного газа без продувки, заполнение оболочки для токоведущих частей эпоксидными смолами, кварцевым песком и др.

Для исключения пожарной опасности электрических светильников и осветительных установок их выбор производится исходя из условий эксплуатации. Лампы накаливания в пожарном отношении более опасны (температура поверхности достигает $+500^{\circ}\text{C}$), чем газоразрядные лампы ($+40\dots+50^{\circ}\text{C}$). Светильники могут быть открытые, защи-

щенные (лампы закрыты стеклянным колпаком), пыленепроницаемые и взрывозащищенные.

5.5.3. Пожарная сигнализация

Пожарная сигнализация применяется для своевременного оповещения о времени и месте пожара и принятия мер по его ликвидации.

Системы пожарной сигнализации состоят из пожарных извещателей (датчиков), линий связи, приемной станции, откуда сигнал о пожаре может передаваться в помещения пожарных команд и т. п.

Электрическая пожарная сигнализация в зависимости от схемы соединения извещателей с приемной станцией подразделяется на лучевую и кольцевую или шлейфную.

При лучевой схеме от приемной станции к каждому извещателю подводится отдельная проводка, называемая лучом.

При кольцевой (шлейфной) схеме все извещатели подсоединяются последовательно в один общий провод, оба конца которого подводятся к приемной станции. На крупных объектах в приемную станцию может включаться несколько таких проводов или шлейфов, а в один шлейф может быть включено до 50 извещателей.

Пожарные извещатели могут быть ручные (кнопки, установленные в коридорах или лестничных клетках) и автоматические, которые преобразуют неэлектрические физические величины (излучение тепловой и световой энергии, движение частиц дыма и др.) в электрические сигналы определенной формы, передаваемые по проводам на приемную станцию.

Извещатели подразделяются на параметрические, в которых неэлектрические величины преобразуются в электрические, и генераторные, в которых изменение неэлектрической величины вызывает появление собственной электродвижущей силы (ЭДС).

По принципу действия извещатели могут быть тепловые (биметаллические, термопарные, полупроводниковые и др.), световые, дымовые, ультразвуковые, комбинированные и др.

5.5.4. Противопожарные мероприятия в зданиях и на территории предприятий

Пожарная безопасность зданий и сооружений в значительной мере определяется возгораемостью строительных материалов и конструкций, размерами зданий, их расположением, а также огнестойкостью.

По возгораемости строительные конструкции подразделяются на *негорючие*, которые под воздействием огня или высоких температур не

возгораются и не обугливаются (бетон, кирпич, металлы); *трудногорючие*, которые способны возгораться и продолжать гореть только при постоянном воздействии постороннего источника зажигания (древесина, пропитанная или покрытая огнезащитным составом); *горючие*, которые способны самостоятельно гореть после удаления источника зажигания (лесоматериалы, битум и др.).

К числу основных характеристик строительных конструкций относятся огнестойкость и размеры распространения по строительным конструкциям огня.

Огнестойкость определяется как способность строительных конструкций сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции. Время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность, называется пределом огнестойкости и измеряется в часах от начала испытания до возникновения в конструкции одного из следующих признаков:

- ◆ образование в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя;
- ◆ повышенная температура на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ◆ потеря конструкцией несущей способности.

Пределы распространения огня по строительным конструкциям определяют размеры повреждения конструкции в сантиметрах вследствие ее горения за пределами зоны нагрева.

К противопожарным мероприятиям на промышленных предприятиях и в зданиях, применяемых с целью ограничения распространения и расширения пожара, относятся: зонирование территории предприятия; устройство противопожарных разрывов; устройство различных противопожарных преград (брандмауэры, перегородки, двери, ворота, люки, тамбуры, шлюзы, противопожарные зоны, водяные завесы и др.).

Зонирование территории предполагает группирование производственных объектов предприятия, родственных по функциональному назначению и признаку пожарной опасности, в отдельные комплексы. С учетом рельефа местности и розы ветров объекты с повышенной пожарной опасностью располагают с подветренной стороны по отношению к объектам с меньшей пожарной опасностью.

Противопожарные разрывы между зданиями устанавливают для предупреждения распространения пожара с одного здания на другое. При их определении учитывают степень огнестойкости зданий.

Противопожарная преграда в виде брандмауэра представляет собой глухую негорючую стену с пределом огнестойкости не менее 2,5 ч, пересекающую здание вдоль или поперек.

Брандмауэр устанавливается на фундамент здания и возвышается над кровлей, препятствуя распространению огня при пожаре.

Противопожарную зону устраивают в тех случаях, если по каким-либо причинам устройство брандмауэра невозможно. Она представляет собой негорючую полосу покрытия шириной 6 м, пересекающую здание по всей длине или ширине. Предел огнестойкости несущих конструкций противопожарных зон должен составлять 4 ч, а перекрытий — 2 ч.

При проектировании зданий предусматриваются пути эвакуации людей: эвакуационные выходы, пожарные лестницы, огнестойкие лестничные клетки, специальные балконы, площадки и переходы.

Для удаления дыма и газов из горящих помещений предусматриваются специальные дымовые люки, которые устанавливаются в подвальных помещениях, в перекрытиях складских и бесфонарных производственных зданиях.

5.5.5. Способы и средства тушения пожаров

Ликвидация горения при пожарах может быть достигнута путем прекращения поступления в зону горения кислорода воздуха и горючих веществ или снижения их поступления до значений, при которых горение не происходит, охлаждения зоны горения ниже температуры самовоспламенения или понижения температуры горючего вещества ниже температуры воспламенения, разбавления реагирующих веществ (горючей смеси) негорючими веществами, механического срыва пламени в результате воздействия на него сильной струи воды или газа.

Огнегасительные вещества. Наиболее распространенным и высокоэффективным огнегасительным веществом, применяемым для тушения пожаров, является вода. Ее высокие огнегасительные качества обусловлены большой теплоемкостью, значительным увеличением объема парообразования и высокой термической стойкостью. Один литр воды при испарении поглощает из зоны горения более 2,5 кДж тепла, образуя при этом около 1700 л пара.

Огнегасительный эффект воды достигается охлаждающим действием, разбавлением горючей среды образующимися при испарении парами и механическим воздействием на горящее вещество и срывом пламени. Вода не может использоваться для тушения нефтепродуктов и других горючих жидкостей (ЛВЖ, ГЖ) с плотностью меньше единицы (бензин, керосин, эфир, ацетон, спирты, масла и др.), так как они

всплывают на ее поверхность, продолжают гореть и, растекаясь, увеличивают горящую поверхность. Водой нельзя тушить электросети и другие электрические установки, находящиеся под напряжением. Для этих целей вода может применяться в распыленном виде с применением электрозащитных изолирующих (основных и дополнительных) средств. Воду нельзя применять и для тушения металлического калия и натрия, карбида кальция, карбидов щелочных металлов, так как при соприкосновении с водой они воспламеняются или реагируют с выделением взрывоопасных газов.

Для тушения жидких, твердых и газообразных веществ, особенно при тушении пожара в закрытых помещениях небольшого объема (до 500 м³) и в условиях открытого горения на небольших площадях, используется водяной пар.

Для тушения пожаров широко используются газы: углекислый газ, азот, газы или легкоиспаряющиеся жидкости на основе галоидированных углеводородов и др.

Углекислый газ в сжиженном состоянии (в баллонах) может применяться для тушения в снегообразном состоянии в виде хлопьев с температурой около -70°C , а также в газообразном состоянии (в этом случае он применяется в закрытых помещениях). При использовании углекислого газа необходимо применять защиту органов дыхания, так как его концентрация в помещении составляет 30 % и более, что может вызвать отравление.

Применение азота и других газов (аргон, гелий, дымовые и отработанные газы) для тушения пожара наиболее эффективно в закрытых помещениях. Инертные газы снижают концентрацию кислорода в воздухе и уменьшают тепловой эффект реакции за счет потерь тепла на нагревание. Огнегасительная концентрация газов составляет 31–36 % по объему.

Применение галоидированных углеводородов в газообразном виде или в виде легкоиспаряющихся жидкостей позволяет значительно замедлять реакцию горения. В связи с этим их называют ингибиторами, флегматизаторами или антикатализаторами. Наиболее широко применяемыми являются составы на основе галоидированных углеводородов (97 % бромэтила и 3 % двуокиси углерода или 70 % бромэтила и 30 % двуокиси углерода и др.). Эти составы применяются для тушения твердых горючих веществ и материалов (кроме щелочных металлов и металлоорганических соединений). Продукты распада галоидированных углеводородов токсичны.

Широкое применение для тушения ЛВЖ, ГЖ и твердых горючих веществ и материалов получили химические и воздушно-механические пены.

Химические пены образуются при взаимодействии серной кислоты или раствора ее солей с растворами солей угольной кислоты в присутствии пенообразователя.

Для тушения крупных пожаров используют пеногенераторные порошки ППП и ПППС. ППП состоит из щелочной части (двууглекислая сода), кислотной части (сернокислый аммоний) и пенообразователя.

Воздушно-механическая пена образуется с помощью специальной пенообразующей аппаратуры и представляет собой смесь воздуха и 4–6 % водных растворов пенообразователей (ПО-1, ПО-6, ПО-11 и др.). Воздушно-механическая пена широко применяется для тушения нефтепродуктов.

Широко применяются для тушения пожаров (несмотря на высокую стоимость и сложность в эксплуатации и хранении) порошковые составы на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия. Они являются единственным средством тушения щелочных металлов и металлоорганических соединений (кроме песка, земли и флюсов).

Порошковые составы и продукты их разложения не опасны для здоровья людей; они не оказывают коррозионного воздействия на металлы, защищают людей, производящих тушение, от тепловой радиации.

Для тушения небольших горящих поверхностей применяются различные покрывала (асбестовые полотна, брезент, кошма и др.), а также сухой, чистый и просеянный песок. При забрасывании им горящего предмета происходят поглощение тепла и изоляция горячей поверхности от кислорода воздуха.

5.5.6. Противопожарное водоснабжение.

Автоматическое тушение пожаров

Для подачи воды на тушение пожаров используют противопожарные водопроводы, устраиваемые на промышленных предприятиях и в населенных пунктах.

Для наружного тушения пожара вода чаще всего подается с помощью насосов, установленных на пожарных автомобилях. При этом забор воды осуществляется или из открытых водоемов, или из пожарных гидрантов, установленных на наружных водопроводных сетях.

Для обеспечения тушения пожаров (в начале его возникновения) в большинстве производственных и общественных зданий, а также в жилых домах высотой 12 этажей и выше на внутренней водопроводной сети устанавливают пожарные краны в коридорах или лестничных клетках на высоте 135 см от уровня пола. К пожарному крану присоединяют пожарный рукав длиной 10 или 20 м, который заканчивает-

ся пожарным стволом. Производительность струи пожарного крана должна быть не менее 2,5 л/с (в течение не менее 3 ч).

Наружный пожарный водопровод устанавливается на расстоянии 5 м от зданий вдоль дорог. Через каждые 100 м устанавливаются краны-гидранты, к которым при пожаре присоединяют гибкие рукава с брандспойтами.

Внутренний пожарный водопровод питается от сети наружного.

Наиболее эффективным способом тушения пожаров является применение устройств и установок для автоматического тушения.

В зависимости от используемых средств тушения эти установки бывают: водяного (спринклерные и дренчерные), водо-пенного (воздушно-механическая и химическая пена), газового (двуокись углерода, азот, негорючие газы с добавками), порошкового тушения (составы ПС и СИ), комбинированные, использующие несколько огнегасительных веществ.

Наибольшее распространение получили установки водяного тушения пожаров — спринклерные и дренчерные.

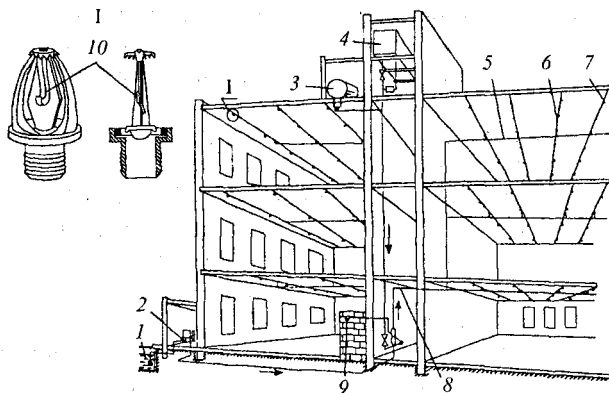


Рис. 5.1. Общая схема спринклерной установки водяной системы:
 1 — резервуар; 2 — основной водопитатель (насос); 3 — автоматический водопитатель (пневматический бак); 4 — автоматический водопитатель (водонапорный бак); 5 — второстепенная магистраль; 6 — распределительный рядок; 7 — спринклерная головка; 8 — главная питающая магистраль;
 9 — сигнальная турбина; 10 — легкоплавающий замок

Спринклерная установка (рис. 5.1) состоит из источника водоснабжения, насосов, контрольно-сигнального клапана, магистральных и распределительных трубопроводов, спринклерных головок.

Спринклерные головки ввертываются в трубопроводы, которые размещаются под потолком помещения, из условия орошения одним спринклером 9–12 м² площади пола. Выходное отверстие в спринклерной головке обычно закрыто клапаном и заперто легкоплавким замком. При повышении температуры до +72 °С легкоплавкий замок раскрывается, клапан выбрасывается и вода разбрызгивается, ударяясь о дефлектор.

Таким образом, в спринклерной головке совмещены датчики и приспособления для выбрасывания и распыления воды. Распределительные трубопроводы спринклерной установки в обычном состоянии заполнены водой под давлением, которое создает автоматический водопитатель. Как только откроется при пожаре хотя бы один спринклер, в результате движения воды по трубопроводу срабатывает контрольно-сигнальный клапан и подается сигнал о пожаре в виде колокола или электросигнала.

В спринклерных установках вскрывается лишь такое количество головок, которое оказалось в зоне высокой температуры.

В ряде случаев возникает необходимость подать воду сразу по всей площади помещения с помощью дренчерных установок группового действия. На трубопроводах, монтируемых под перекрытием, устанавливают дренчерные головки, которые напоминают спринклерные, но без замков, с открытыми отверстиями. В обычное время выход воды в сеть закрыт клапаном группового действия.

Установка приводится в действие автоматически с помощью побудительных трубопроводов со спринклером либо с помощью натяжных тросов с легкоплавкими замками или же открыванием крана вручную. При вскрытии одного из этих устройств происходит падение давления в надклапанной камере, клапан вскрывается, вода поступает в сеть труб и выливается через дренчеры.

Кроме дренчерных установок группового действия применяются дренчерные завесы для защиты проемов в противопожарных стенах, противопожарных занавесов в театрах.

В последнее время находят применение спринклерные и дренчерные установки, в которых вместо воды применяется раствор пенообразования, а обычные спринклеры и дренчеры заменены пенными (рис. 5.2).

В обычное время клапан спринклера закрывает выход водному раствору пенообразователя и удерживается в этом положении двумя замками с легкоплавким припоем. При расплавлении замка клапан отбрасывается, и раствор выходит из насадки и разбрызгивается от отражающих плоскостей распылителя. Воздух подсасывается через отвер-

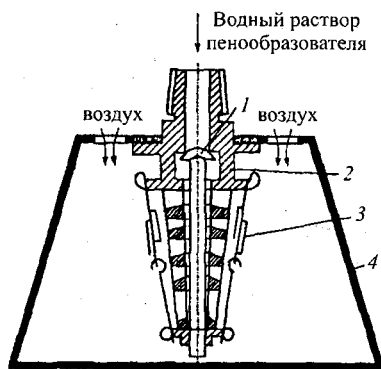


Рис. 5.2. Пенный спринкер: 1 — клапан с упорным стержнем; 2 — распылитель; 3 — легкоплавкий замок; 4 — кожух

ствие в кожухе и смешивается с раствором, в результате чего образуется воздушно-механическая пена.

5.5.7. Средства пожаротушения

Средства пожаротушения подразделяются на первичные, стационарные и передвижные.

К *первичным средствам* относятся огнетушители, гидромомпы (поршневые насосы), ведра, бочки с водой, ящики с песком, асбестовые полотна, войлочные маты, кошмы и др.

Огнетушители бывают химические пенные (ОХП-10, ОП-5, ОХПВ-10 и др.), воздушно-пенные (ОВП-5, ОВП-10), углекислотные (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), углекислотно-бромэтиловые (ОУБ-3, ОУБ-7), порошковые (ОПС-6, ОПС-10) и др.

Химические пенные огнетушители типа ОХП-10, ОХПВ-10 состоят из стального баллона, в котором находятся щелочной раствор и полиэтиленовый стакан с кислотным раствором. Приведение огнетушителя в действие производится поворотом вверх до отказа рукоятки, которая открывает стакан с кислотным раствором. Огнетушитель переворачивают вверх дном, растворы смешиваются и начинают взаимодействовать. Химическая реакция сопровождается выделением углекислого газа, который создает в баллоне избыточное давление. Под действием давления образующаяся пена впрыскивается в зону горения.

Химические пенные огнетушители типа ОП-3 или ОП-5 приводятся в действие ударом бойка ударника о твердое основание. При этом разбиваются стеклянные колбы, серная кислота выливается в баллон и всту-

пает в химическую реакцию со щелочью. Образующийся углекислый газ в результате реакции вызывает интенсивное вспенивание жидкости и создает в баллоне давление порядка 9–12 атмосфер, благодаря чему жидкость в виде струи пены выбрасывается из баллона через сопло.

Продолжительность действия химических пенных огнетушителей порядка 60–65 с, а радиус действия — до 8 м.

Воздушно-пенные огнетушители (ОВП-5, ОВП-10) заряжаются 5%-м водным раствором пенообразователя ПО-1. При приведении в действие огнетушителя сжатая двуокись углерода выбрасывает расквор пенообразователя через пенный насадок, образуя струю высокократной пены.

Продолжительность действия воздушно-пенных огнетушителей до 20 с, дальность действия пены порядка 4–4,5 м.

Углекислотные огнетушители состоят из баллона с углекислотой, запорно-пускового вентиля, сифонной трубки, гибкого металлического шланга, диффузора (раструба-снегообразователя), рукоятки и предохранителя. Запорный вентиль имеет предохранительное устройство в виде мембраны, которое срабатывает при повышении давления в баллоне сверхдопустимого. Газ в баллоне находится под давлением порядка 70 атмосфер (6–7 МПа) в жидком состоянии. Огнетушители приводятся в действие при вращении запорного вентиля против часовой стрелки. При открытии вентиля углекислый газ выходит наружу в виде снега. При повышении окружающей температуры давление в баллоне может достигать 180–210 атмосфер ($180\text{--}210\cdot 10^5$ Па).

Время действия углекислотных огнетушителей до 60 с, а дальность — до 2 м.

Углекислотно-бромэтиловый огнетушитель (ОУБ-7) состоит из баллона, заполненного бромистым этилом, двуокисью углерода, а также сжатым воздухом для выбрасывания огнегасящего вещества через сопло. Время действия ОУБ-7 порядка 35–40 с, длина струи 5–6 м. ОУБ-7 приводится в действие нажатием пусковой рукоятки. Работу огнетушителя можно прекратить, отпустив рукоятку.

Порошковые огнетушители (ОПС-6, ОПС-10) состоят из корпуса емкостью 6 или 10 л, крышки с предохранительным клапаном и сифонной трубкой, баллончика для газа емкостью 0,7 л, соединенного с корпусом с помощью патрубков, гибкого шланга с удлинителем и раструбом.

При приведении огнетушителя в действие порошок из его корпуса через сифонную трубку выталкивается сжатым газом, который давит на массу порошка сверху, проходит через его толщину и вместе с порошком выходит наружу.

Время действия порошковых огнетушителей — 30 с, рабочее давление $8\cdot 10^5$ Па, а начальное давление в газовом баллончике — $15\cdot 10^6$ Па.

Стационарные противопожарные установки представляют собой неподвижно смонтированные аппараты, трубопроводы и оборудование, которые предназначены для подачи огнегасительных веществ в зону горения.

Передвижные установки в виде насосов для подачи воды и других огнегасительных веществ к месту пожара монтируются на пожарных машинах. К пожарным машинам относятся пожарные автомобили, автоцистерны, автонасосы, мотопомпы, пожарные поезда, теплоходы и др.

5.5.8. Организация пожарной охраны

Ответственность за обеспечение пожарной безопасности на предприятии возлагается на руководителя предприятия и руководителей структурных подразделений.

Администрация предприятия или наниматель обязаны:

- ♦ обеспечить полное и своевременное выполнение правил пожарной безопасности и противопожарных требований строительных норм при проектировании, строительстве и эксплуатации подведомственных им объектов;

- ♦ организовать на предприятии пожарную охрану, добровольную пожарную дружину и пожарно-техническую комиссию;

- ♦ предусматривать необходимые средства на содержание пожарной охраны, приобретение средств пожаротушения;

- ♦ назначать лиц, ответственных за пожарную безопасность в структурных подразделениях.

Инженерно-технические работники, ответственные за пожарную безопасность в подразделении, обязаны знать пожарную опасность технологического процесса, выполнять правила и требования противопожарного режима, установленного на предприятии, следить за их соблюдением рабочими и служащими.

На предприятиях со всеми вновь поступающими на работу должен проводиться противопожарный инструктаж, а на производстве с повышенной пожарной опасностью, кроме того, — занятия по пожарно-техническому минимуму.

Для каждого производства или объекта на основе типовых правил пожарной безопасности промышленных предприятий должны разрабатываться противопожарные инструкции.

Вся профилактическая работа в области пожарной безопасности на предприятии возлагается на пожарно-техническую комиссию, которая на основании анализа состояния противопожарного режима, выявления технологических нарушений и недостатков разрабатывает противопожарные мероприятия.

Руководство в области пожарной безопасности в Республике Беларусь осуществляется МЧС через областные управления и местные органы.

На МЧС возложены функции республиканского органа государственного управления, осуществляющего управление деятельностью по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечению пожарной, промышленной и радиационной безопасности.

В систему органов и подразделений МЧС включены областные и Минское городское управление, городские и районные отделы по чрезвычайным ситуациям, пожарные аварийно-спасательные отряды и др.

Структура МЧС включает в себя органы государственного пожарного надзора, департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике, возглавляющий систему органов государственного надзора.

Правовую основу системы пожарной безопасности и государственного пожарного надзора в Республике Беларусь определяет Закон Республики Беларусь «О пожарной безопасности» (1993). Важным документом в обеспечении пожарной безопасности в республике является принятая в 2002 г. Государственная программа по предупреждению гибели и травматизма людей при возникновении пожаров и других чрезвычайных ситуаций на 2002–2006 гг.

Все организаторские, контрольные и административные функции руководящих органов сводятся в основном к следующему:

- ◆ разработке и согласованию противопожарных норм, правил, технических условий для вновь строящихся и реконструируемых объектов различного назначения, а также правил пожарной безопасности действующих объектов;
- ◆ контролю за соблюдением проектными организациями противопожарных норм, технических условий и правил при проектировании новых и реконструкции существующих объектов, зданий и сооружений;
- ◆ надзору за противопожарным состоянием действующих хозяйственных объектов, жилых и общественных зданий и соблюдением в них должного противопожарного режима;
- ◆ учету и анализу причин пожаров;
- ◆ пропаганде противопожарной профилактики;
- ◆ административной работе и дознанию.

Органы пожарного надзора вправе налагать штрафы на нарушителей противопожарного режима; осуществлять необходимые действия в качестве органов дознания для выявления виновников пожара или виновных в неудовлетворительном противопожарном состоянии объекта; вправе приостанавливать частично или полностью деятельность объектов, находящихся в пожароугрожающем состоянии.

Литература

1. Белов С. В., Девисилов В. А., Козьяков А. Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов среднего профессионального образования. 2-е изд. / под общей ред. проф. С. В. Белова. М., 2002.
2. Голян С. Н., Бурькин Д. В. Методика проведения аттестации рабочих мест по условиям труда // Бюллетень Министерства труда Республики Беларусь. 2000. № 7.
3. Денисенко Г. Ф. Охрана труда: учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов. М., 1985.
4. Дорман Питер. Три предварительных доклада по экономике охраны труда. Женева, 2000.
5. Затраты и экономический эффект мероприятий по охране труда. Материалы конференции по экономике охраны труда. Гаага, 25 – 30 мая 1997 г. М., 1998.
6. Лазаренков А. М. Охрана труда: учебник. Мн., 2004.
7. Методические рекомендации по комплексной оценке социально-экономической эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда. М., 1985.
8. Михнюк Т. Ф. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие. Мн., 2004.
9. Охрана труда при работе на персональных электронно-вычислительных машинах и другой офисной технике: практическое пособие / сост. В. П. Семич, А. В. Семич. Мн., 2001.
10. Охрана труда в цифрах и фактах. МОТ, 2003 г. М., 2004.
11. Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний // Библиотека журнала «Ахова працы». 2004. № 3.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., 1986.
13. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Мн., 1998.
14. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов. Мн., 2000.
15. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. М., 1985.
16. Типовое положение о службе охраны труда организации // Библиотека журнала «Ахова працы». 2002. № 8.
17. Типовое положение об обучении, инструктаже и проверке знаний работников по вопросам охраны труда // Библиотека журнала «Ахова працы». 2003. № 3.
18. Трудовой кодекс Республики Беларусь. Мн., 1999.
19. Русак О. Н., Малаян К. Р., Занько Н. Г. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие: 6-е изд. / под ред. О. Н. Русака. СПб, 2003.
20. Шимова О. С., Соколовский Н. К. Основы экологии и экономика природопользования. 2-е изд. Мн., 2002.

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ТРУДА	6
1.1. Предмет, цель и задачи охраны труда	6
1.2. Региональные особенности состояния охраны и гигиены труда в мире	8
1.3. Экономическая оценка ущерба из-за производственного травматизма и профессиональной заболеваемости	12
1.3.1. Потери предприятия от невыходов на работу	13
1.3.2. Материальные потери в связи с несчастными случаями на производстве	16
1.3.3. Затраты на смену кадров и пенсии по инвалидности	18
1.3.4. Затраты на инвестиции в улучшение условий труда	20
1.4. Оценка опасностей	20
1.5. Принципы, методы и средства обеспечения производственной безопасности и гигиены труда	21
1.6. Психологические основы безопасности	25
1.7. Анализаторные системы человека	28
1.8. Общие эргономические требования к организации рабочих мест	29
Глава 2. УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА	37
2.1. Методы и функции управления	37
2.2. Современное состояние государственного управления охраной труда в Беларуси	38
2.3. Основные принципы и направления государственной политики в области охраны труда в Республике Беларусь	40
2.4. Органы управления государственной системой охраны труда в Респуб- лике Беларусь и их функции	41
2.5. Система управления охраной труда на предприятии	43
2.6. Правовое регулирование охраны труда	44
2.6.1. Законодательные и нормативные акты	44
2.6.2. Надзор и контроль за соблюдением законодательства о труде	45
2.6.3. Обязанности нанимателя в области охраны труда	46
2.6.4. Инструктаж и обучение по вопросам охраны труда	48
2.6.5. Экспертиза безопасности оборудования и технологических процессов	49
2.6.6. Аттестация рабочих мест по условиям труда	50

2.6.7. Расследование и учет несчастных случаев на производстве	51
2.6.8. Методы изучения и анализа причин производственного травматизма ...	57
2.6.9. Ответственность работников и нанимателя за нарушения законодательства по охране труда	58
2.7. Экономический механизм управления охраной труда	60
2.7.1. Трудоохранные затраты	62
2.7.2. Экономическая и социальная эффективность трудоохранных затрат ..	64
2.7.3. Экономическое стимулирование мероприятий по улучшению охраны и гигиены труда	67
2.7.4. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда ...	73
Глава 3. ГИГИЕНА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ	75
3.1. Оздоровление воздушной среды	75
3.1.1. Газовый состав воздушной среды и его изменение в результате производственных процессов	75
3.1.2. Ионизация воздуха рабочей зоны	79
3.1.3. Метеорологические условия труда (микроклимат)	81
3.1.4. Вентиляция производственных помещений	85
3.2. Производственное освещение	93
3.2.1. Особенности зрительного восприятия	93
3.2.2. Виды и системы освещения	94
3.2.3. Нормирование и оценка производственного освещения	97
3.2.4. Принципы расчета производственного освещения	104
3.3. Цветовое оформление производственного интерьера	110
3.4. Защита от механических колебаний	111
3.4.1. Вибрация	111
3.4.2. Акустический шум	116
3.4.3. Защита от ультра- и инфразвука	131
3.5. Защита от неионизирующих электромагнитных излучений	134
3.5.1. Естественные и искусственные источники электромагнитных полей ..	134
3.5.2. Гигиеническая оценка и нормирование ЭМП в производственных условиях	138
3.5.3. Способы и средства защиты от электромагнитных полей	142
3.5.4. Постоянные и переменные магнитные поля	148
3.5.5. Ультрафиолетовые излучения	152
3.5.6. Инфракрасные излучения	153
3.5.7. Лазерные излучения	155
3.6. Защита от ионизирующих излучений	164
3.6.1. Естественные и искусственные источники ионизирующих излучений ...	164
3.6.2. Возникновение ядерных ионизирующих излучений	166
3.6.3. Некоторые характеристики ионизирующих излучений	169
3.6.4. Воздействие ионизирующих излучений на организм человека	171
3.6.5. Нормирование и гигиеническая оценка ионизирующих излучений ..	173
3.6.6. Методы и средства измерения ионизирующих излучений	177
3.6.7. Принципы, методы и средства защиты от ионизирующих излучений ..	178

3.6.8. Требования безопасности при работе с закрытыми и открытыми источниками излучения	179
3.6.9. Требования радиационной безопасности при хранении и транспортировке радиоактивных веществ	180
3.6.10. Средства индивидуальной защиты	180
3.6.11. Защитное экранирование	181

Глава 4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ).....	186
4.1. Основные причины несчастных случаев на производстве	186
4.2. Защита от поражения электрическим током	187
4.2.1. Действие электрического тока на организм человека	188
4.2.2. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током ...	189
4.2.3. Меры первой помощи пострадавшим от электрического тока	189
4.2.4. Оценка опасности поражения электрическим током	191
4.2.5. Способы и средства обеспечения электробезопасности	196
4.3. Защита от статического электричества	212
4.3.1. Условия возникновения и накопления электростатических зарядов ..	212
4.3.2. Нормирование и оценка опасности статического электричества ..	215
4.3.3. Способы и средства защиты от статического электричества	216
4.4. Защита от опасных и вредных факторов при работе с компьютерами ...	218
4.5. Меры безопасности при устройстве и обслуживании установок и сооружений связи и радиотелефонии	223
4.5.1. Общие требования безопасности на станционных сооружениях связи	224
4.5.2. Работы по оборудованию и обслуживанию источников питания ..	225
4.6. Требования безопасности на центральных и базовых станциях радиотелефонной связи	227
4.6.1. Требования к производственным помещениям с постоянным присутствием обслуживающего персонала	227
4.6.2. Требования к производственному оборудованию и его размещению ...	228
4.6.3. Эксплуатационно-техническое обслуживание объектов радиотелефонной связи	230
4.6.4. Антенно-мачтовые сооружения и антенно-фидерные устройства (АМСиАФУ)	231
4.6.5. Работы на высоте	234
4.7. Требования безопасности при работах на воздушных линиях связи и проводного вещания (радиотелефонии)	236
4.7.1. Строительство и эксплуатация столбовых воздушных линий связи (ЛС) и радиотелефонии (РФ)	237
4.7.2. Подвеска проводов и кабелей	242
4.7.3. Строительство и эксплуатация стоечных линий	244
4.7.4. Работа на линиях связи, имеющих дистанционное питание (ДП) ...	247
4.7.5. Работа на фидерных линиях радиотелефонии (РФ)	248

4.7.6. Работа на линиях связи (ЛС) и радиофикации (РФ), подверженных влиянию электрифицированных железных дорог переменного тока напряжением 25 кВ	252
4.7.7. Работа при пересечении и сближении ЛС (РФ) с проводами контактных сетей наземного электротранспорта и линиями электропередачи	254
4.7.8. Погрузочно-разгрузочные работы и транспортировка грузов	257
4.7.9. Требования при работе с антисептиками	258
4.8. Требования безопасности при работе с радиоэлектронным оборудованием (РЭО)	261
4.8.1. Виды и характеристика РЭО, классификация работ с ним	261
4.8.2. Основные требования безопасности к производственным помещениям и к размещению в них РЭО	263
4.8.3. Безопасная организация рабочих мест в лабораториях	265
4.8.4. Требования к персоналу, обслуживающему РЭО	265
4.8.5. Безопасная организация ремонтно-наладочных работ	267
4.9. Меры безопасности при организации и производстве работ в подземных кабельных сооружениях	271
4.9.1. Требования к помещениям пунктов регенерационных необслуживаемых волоконно-оптических линий передачи (НРПО)	276
4.9.2. Требования по лазерной безопасности	278
4.10. Требования безопасности к сосудам, работающим под давлением	280
4.11. Требования безопасности при эксплуатации подъемно-транспортных средств	288
Глава 5. ОСНОВЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	294
5.1. Социально-экономическое значение пожарной безопасности. Основные причины пожаров	294
5.2. Теоретические основы горения. Опасные факторы пожара	295
5.3. Взрыво- и пожароопасные свойства веществ	297
5.4. Категории производств по взрыво- и пожароопасности	300
5.5. Принципы, способы и средства обеспечения пожарной безопасности	301
5.5.1. Определение пожарной опасности объекта	301
5.5.2. Противопожарные мероприятия в системах отопления, вентиляции, освещения и в электроустановках	303
5.5.3. Пожарная сигнализация	304
5.5.4. Противопожарные мероприятия в зданиях и на территории предприятий	304
5.5.5. Способы и средства тушения пожаров	306
5.5.6. Противопожарное водоснабжение. Автоматическое тушение пожаров	308
5.5.7. Средства пожаротушения	311
5.5.8. Организация пожарной охраны	313
Литература	315

Учебное издание

Михнюк Тимофей Федорович

ОХРАНА ТРУДА

Учебное пособие

Редактор *Л. Н. Соловьева*

Компьютерная верстка *А. В. Засулевича*

Подписано в печать 23.02.07. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура PeterburgC. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 18,6. Уч.-изд. л. 16,0.
Тираж 1000 экз. Заказ 184.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».

ЛИ № 02330/0056921 от 01.04.2004.

ЛП № 02330/0056683 от 29.03.2004.

220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17